

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНЫ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СИСТЕМ

В.И. ГРИЦЕНКО, А.А. УРСАТЬЕВ

---

**СОВРЕМЕННЫЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ  
И ВЫЧИСЛЕНИЙ**

---

*ПРОЕКТ  
«НАУКОВА КНИГА»*

---

КИЕВ НАУКОВА ДУМКА 2017

В монографии рассмотрены проблемы создания и использования нового класса ИТ-услуг — облачных технологий. Исследовано становление и внедрение новой бизнес-модели, тенденции развития ИТ-услуг в мировом сообществе, а также преимущества облачных технологий во взаимодействии с интеллектуальными ИТ. Показано, что облачные технологии позволяют быстро создавать и совершенствовать распределенные информационные ресурсы разного уровня и назначения, чем достигается выбор экономических инфраструктур и моделей информатизации. Приведен ряд приложений к Многоцелевому комплексу хранения, переработки и использования данных.

Для специалистов в области информационных систем и технологий, а также студентов соответствующих специальностей.

У монографії розглянуто проблеми створення і використання нового класу ІТ-послуг — хмарних технологій. Досліджено становлення й впровадження нової бізнес-моделі, тенденції розвитку ІТ-послуг у світовому суспільстві, а також переваги хмарних технологій у взаємодії з інтелектуальними ІТ. Показано, що хмарні технології дають змогу швидко створювати і розвивати розподілені інформаційні ресурси різного рівня та призначення, що зумовлює вибір економічних інфраструктур та моделей информатизації. Наведено ряд додатків до Багатоцільового комплексу зберігання, переробки та використання даних.

Для фахівців у галузі інформаційних систем і технологій, а також студентів відповідних спеціальностей.

**Р е ц е н з е н т ы:**

*А.В. Анисимов*, член-корреспондент НАН Украины,  
*Л.С. Файнзильберг*, доктор технических наук

*Рекомендовано к печати ученым советом Международного научно-учебного центра информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины (протокол № 8 от 15.09.2015 г.)*

***Видання здійснено за кошти Цільової комплексної програми  
«Створення та розвиток науково-видавничого  
комплексу НАН України»***

Научно-издательский отдел физико-математической  
и технической литературы  
Редактор *С.Е. Ноткина*

© В.И. Гриценко, А.А. Урсатьев, 2017  
© НПП «Видавництво “Наукова думка”  
НАН України», дизайн, 2017

ISBN 978-966-00-1555-5

## **П Р Е Д И С Л О В И Е**

В настоящее время большое внимание уделяется системам хранения и хранилищам данных, в том числе приближенных к реальному времени (активные хранилища), сопутствующим им информационным системам. Это обусловлено, по крайней мере, двумя причинами. Первая — прогноз непрерывного роста производимой мировым сообществом требующей хранения информации (например, о фундаментальных научных исследованиях, промышленности, экономике, бизнесе), и нежелание допускать любую потерю данных. Вторая — интерес к аналитическим ИС, способным работать в широком информационном пространстве с данными, поступающими из разных источников, и понимание того, что в условиях неустойчивой рыночной конъюнктуры и обостряющейся конкуренции, присущих мировому рынку, бизнес-анализ не может замыкаться в рамках одной организации. Общеизвестно, что он должен опираться на информационное поле, которое представлено документами разного вида и образовано территориально или географически распределенными корпоративными данными, а также учитывать данные во всем доступном временном срезе.

Системы хранения данных и облачный компьютеринг (Cloud Computing), на наш взгляд, рассматриваются с единой позиции — позиции виртуализации, так как для них она является ключевой. Так, виртуализацию хранения в случае значительного роста объемов данных считают наиболее приемлемым, едва ли не единственным, решением, поскольку она позволяет представлять все имеющиеся гетерогенные системы хранения в виде единого целого — пула ресурсов [1—9]. Облачный компьютеринг — это предоставляющая услуги распределенная самоуправляемая компьютерная среда, условием существования которой

является виртуализация — одна из двух компонент парадигмы Cloud Computing [1, 2]. Она предлагает мыслить не в терминах конкретных компьютеров, а оперировать понятием услуга, за которую нужно платить только по мере необходимости.

В монографии рассмотрены технологии и механизмы, составляющие вторую компоненту облачных вычислений. Концепция услуг основана на сервис-ориентированной архитектуре (SOA), предусматривающей структуру из трех элементов: провайдеры служб, размещающие информацию о своих услугах; потребители услуг; реестр услуг. Взаимодействие между различными приложениями и технологиями осуществляется с помощью Web-служб (Web-service) — это набор основанных на XML спецификаций, обеспечивающих универсальный метод технического описания услуг и взаимодействия с ними.

На основе материалов Национального института стандартов и технологий США (NIST) даны определение понятия «облачные вычисления», его основные характеристики, а также рекомендации по использованию. Согласно NIST облачные вычисления — это модель обеспечения удобного повсеместного сетевого доступа по требованию к совместно используемому пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (серверов, систем хранения, сетей и др.), которые можно быстро предоставить и освободить при минимуме административных усилий и минимальном взаимодействии с провайдером услуг.

Рассмотрены сервисная или бизнес-модель, определяющая тип услуг, предоставляемых потребителю (IaaS, PaaS, SaaS — инфраструктура, платформа и программное обеспечение соответственно), и модели развертывания. Проанализирована тенденция развития облачных ИТ-услуг в мировом сообществе, а также внедрение новой бизнес-модели. Изложены соображения о безопасности работы в облаке, приведенные в публикациях и материалах NIST. В частности, в опубликованной стратегии Федерального правительства США по переносу управленческих информационных систем в облако рассматриваются услуги «облачного вычислительного сервиса» по запуску мощностей, необходимых для обслуживания миллионов пользователей и сокращения собственной инфраструктуры дата-центров. При этом допускается применение всех моделей развертывания облаков.

Новая бизнес-модель предоставления ИТ-услуг обладает преимуществами, которые позволяют пользователю оптимизировать свою работу, существенно сокращать расходы, связанные с приобретением и поддержкой парка компьютерного оборудования, лицензионного ПО, других необходимых аксессуаров, а также проводить набор высокооплачиваемых ИТ-специалистов.

«Облако», расположенное за пределами научной организации, предоставляет пользователям возможность приобретать вычислительные ресурсы по требованию. Организации могут покупать нужные в данный момент услуги для обработки и анализа данных вместо того, чтобы бесконечно обновлять ИТ-инфраструктуру.

Вычисления в облаке влияют на способ проведения научных исследований: способность обеспечивать удобный доступ к большим коллекциям данных, распределенным географически, что позволяет выполнять вычисления любого масштаба. Динамическое перераспределение ресурсов, возможности использования любых клиентских устройств, в том числе мобильных, значительно увеличат потенциал всего научно-исследовательского сообщества, в результате чего произойдет демократизация исследовательских возможностей. Ученые смогут обмениваться данными и средствами анализа. Таким образом, сформируются объединенные научные сообщества.

Важным аспектом облачных решений является архитектурное решение Многоцелевого комплекса обработки научных данных и исследований как составной части геораспределенных систем с динамическим перераспределением ресурсов, развитыми системами хранения данных и телекоммуникаций, позволяющими оперировать с различными информационными средами. Исследования должны опираться на электронные ресурсы информационных фондов Национальной библиотеки и библиотек учебных заведений Украины, видеоматериалов, Фонда технологий и интеллектуальной собственности и др.

Обязательными атрибутами процессов обучения (в том числе и дистанционного), функционирования распределенных виртуальных коллективов, проведения семинаров, международных научных конференций и пр. должны быть голосовая VoIP и видео-конференцсвязь (ВКС).

В монографии классифицированы видеосистемы и сформулированы требования к видеоконференцсвязи. Проанализированы применяемые системы и оценена степень их пригодности для поставленной задачи с точки зрения функциональности/цены, а также соблюдения интероперабельности в распределенной среде партнеров и возможности реализовать поставленные задачи. Показано, что применимость системы следует рассматривать с учетом инфраструктуры ее развертывания и полосы пропускной способности сети. Основное внимание уделено программным системам ВКС с открытым кодом.

На форзаце 1 приведена технология обслуживания массовых запросов, связанных с интеллектуальными технологиями, разработанными Международным научно-учебным центром информационных технологий и систем НАН и МОН Украины.

Авторы признательны своим сотрудникам, внесшим вклад в отдельные специальные области разработки, а также за помощь в подготовке рукописи к изданию.

# ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

### 1.1. ПРОГНОЗ РОСТА ОБЪЕМОВ ДАННЫХ

В условиях стремительного роста рынка компьютерных технологий нерационально хранить информацию, выполняя уже сточающиеся законодательные требования. Все больше специалистов считают недопустимой любую потерю данных, стараются ничего не удалять ради бизнес-интеллекта и добывания иной информации из данных [5]. Исходя из публикаций [4–9], до настоящего времени резервируются небывалые объемы данных и прогнозируется, что эта нагрузка будет возрастать, так как потребность в данных увеличивается, а паузы в работе сокращаются. Большинство организаций переходит на круглосуточный режим работы ИТ-сервисов, в результате не остается времени на резервное копирование. По прогнозам аналитиков при сохранении таких тенденций объем производимой информации значительно превысит физические возможности устройств хранения. В некоторых компаниях потребности в емкостях хранения ежегодно возрастают на 50 %. Поскольку вследствие этого возникают конфликты, связанные, как правило, с бюджетными ограничениями, то в будущем появятся проблемы с резервным копированием.

Хранение данных стало проблемой, которой следует уделять должное внимание [4, 7]. Так, в киноиндустрии [6] потоковые медиаданные выдвигают высокие требования к ресурсам хранения и пропускной способности сети. В условиях постоянного роста объема передаваемой и дублируемой информации и широкого внедрения в сферу корпоративных коммуникаций видеотехнологий требуется, чтобы пропускная способность сети на уровне сегментов и возможности систем хранения данных были теми основными точками, которые определяют «потолок» производительности и надежности хранения критически важной информации.

Наиболее важными задачами обслуживания потоковых данных являются обеспечение коллективного доступа для редактирования видеоматериалов и построение оптимальных с точки зрения аппаратной части дисковых массивов. Приемлемым решением становится применение специализированных дисковых массивов, позволяющих оптимизировать свои характеристики под конкретные задачи.

Основные проблемы связаны с технологиями высокопроизводительных сетей хранения данных, обеспечением доступа к данным на высоких скоростях, организацией дисковых массивов и с другими задачами, которые касаются потоковых медиаданных как наиболее требовательного типа информации к ресурсам хранения и пропускной способности сети. Существует мнение, что технологии и принципы, используемые сегодня в индустрии видеопроизводства, завтра могут стать корпоративным стандартом в компаниях, не имеющих прямого отношения к этому виду бизнеса [6].

В этом ряду стоит еще одна проблема — доступ к большим объемам данных (Big Data) и извлечение из них информации, т.е. необходимы современные средства анализа больших объемов как структурированных, так и неструктурированных данных. Эта технология, обеспечивающая для аналитических систем доступ к большим объемам данных и решающая проблему извлечения необходимой информации из данных, получила название Data-Intensive Computing [10].

## 1.2. АРХИВИРОВАНИЕ ДАННЫХ

Архивирование данных, призванное сократить их объемы, проводят в соответствии со стратегией, либо вытекающей из официальных нормативных документов, либо выработанной для операционных выгод. Следует более внимательно взглянуть на архивирование, поскольку хранение редко используемых файлов, старой почты и других данных в недорогих средах сокращает затраты и повышает производительность резервного копирования. Так, в корпоративных сетях постепенно накапливается огромное количество избыточных данных (файлов). Примером могут служить вложения в электронные письма, рассылаемые сотрудникам, которые в свою очередь могут передавать эти вложения со своими комментариями другим сотрудникам. В результате в сети



появляется ряд идентичных копий, каждая из которых занимает место на дисках. Если же ежедневно создаются резервные копии этих файлов, то за неделю набирается значительное количество копий, загромождающих систему хранения. Таким образом, емкость дисков заполняется тысячами идентичных файлов: корпоративных презентаций, электронных таблиц, почтовых вложений, изображений и др., чем обусловлено постоянное повышение эксплуатационных издержек на ИТ из-за необходимости приобретать новые накопители.

Отметим, что тенденция к резервированию данных на диски сохраняется, при этом только 35 % респондентов копируют данные непосредственно на ленту. Кроме того, все чаще используется зеркальное дублирование как более быстрый и легкий способ обеспечения возможности оперативного восстановления информации; не менее 77 % организаций уже дополняют или заменяют резервное копирование репликацией [4].

При резервном копировании применение одной из важнейших на сегодня технологий — дедупликации — позволяет существенно сократить холостые обмены данных при сохранении таких же объемов информации. Это важно, если учесть объемы бесполезно дублируемого материала, сохраняемого на серверах [3, 4]. Под дедупликацией понимают технологию, которая обнаруживает и исключает избыточные данные в дисковом хранилище (репозитории). Ее суть заключается в автоматическом сравнении блоков данных, их индексировании, выявлении идентичных блоков и удалении избыточных данных. В зависимости от приложения и ИТ-инфраструктуры экономия дискового пространства может составить до 80 % и более (рис. 1 из [11]).

Для преодоления подобных ограничений предложена технология блочной дедупликации, позволяющая обнаруживать идентичные данные, даже когда в оригинал были внесены изменения. Классическим примером эффективности такого подхода является хранение последовательно измененных версий одного и того же файла [12].

Эксперты компании Gartner прогнозировали, что с 2012 г. технология дедупликации будет применяться в 75 % процедур резервного копирования [10].

Дедупликация реализуется аппаратным или программным способом. Ее характеристиками являются коэффициент дедупликации, производительность, гранулярность и факторизация.

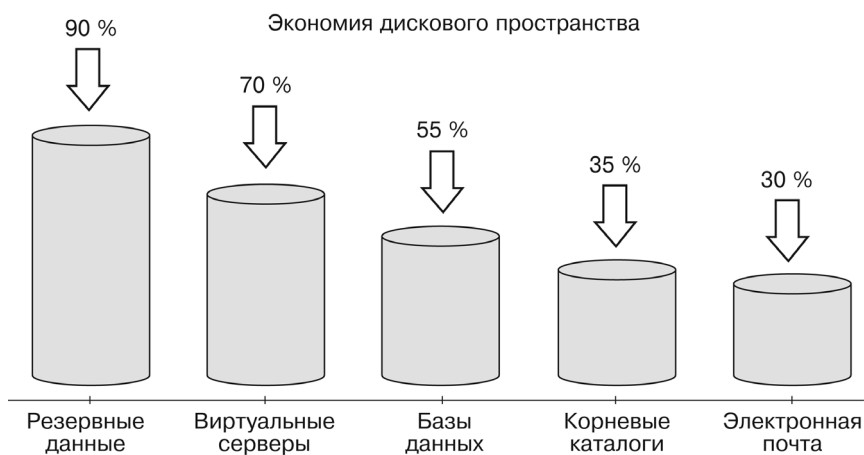


Рис. 1. Потенциал экономии дискового пространства после дедупликации

Коэффициент дедупликации вычисляется делением начального объема данных на объем данных, полученных после дедупликации. Дедупликация наиболее эффективна в случае большой избыточности данных на уровне файлов, а также тогда, когда они копируются и/или сохраняются после внесения незначительных изменений. В общем случае значения коэффициентов неструктурированных данных лучше, чем при дедупликации файлов структурированных данных.

*Производительность* служит основным критерием при выборе решений дедупликации. Если технология, уменьшающая требования к емкости хранения, не может обработать поступающие данные в заданное временное окно, то степень ее эффективности значения не имеет.

*Гранулярность* (степень детализации). Дедупликация может быть выполнена на файловом, блоковом и битовом уровнях. Считается, что при более высокой степени детализации обеспечивается более эффективная обработка.

*Факторизация* (распознавание избыточных данных) — это определяющий элемент скорости дедупликации. Дедупликация основывается на проприетарных (фирменных) алгоритмах, базирующихся либо на хэшировании (когда вначале создается некий слепок с каждого блока данных, а затем эти слепки сравниваются), либо на сравнении действительных данных.

В зависимости от обработки данных обычно различают две основные архитектуры дедубликации. Первая — это постобработка (пост-процессинг). В этом случае сначала сохраняют резервные копии, а затем дедублицируют их. При таком подходе для кеширования копируемых данных требуется дополнительное дисковое пространство, что снижает эффективность этой процедуры. Таким образом, постпроцессинговая обработка обеспечивает максимально быстрое поступление данных, но для временного хранения требуются дополнительные ресурсы.

Вторая, онлайн-обработка означает, что дедубликация данных происходит «на лету» перед их записью в хранилище. Это требует достаточно высокой процессорной мощности, но позволяет существенно сократить объем хранения и количество операций ввода-вывода. Важно, чтобы выполнение процесса дедубликации не тормозило резервное копирование. Реже используется третий вариант — параллельная обработка. В этом случае запись «сырых» данных на диск, их дедубликация и перезапись факторизованных данных происходят в одно и то же время. Для параллельного выполнения этих трех операций требуются очень высокая вычислительная мощность и дополнительное дисковое пространство в хранилище.

В высокопроизводительных СХД технология дедубликации данных интегрирована в операционную систему, например Data ONTAP. Таким образом, она является бесплатной составляющей всех систем хранения Net App. Эта технология позволяет сэкономить дисковое пространство и время при выполнении операций сохранения, резервного копирования и архивирования всех корпоративных данных. Операция дедубликации полностью выполняется в пределах системы хранения и является совершенно прозрачной для программных приложений [11].

### 1.3. ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Непрерывно увеличивающиеся объемы обрабатываемой информации, требующей хранения, накапливаются в СХД. Основной задачей систем хранения данных является обеспечение требуемого дискового пространства, доступности и высокой скорости работы с информационными ресурсами.

СХД подразделяются на DAS-системы (direct attached storage) — хранение данных на персональном компьютере или сервере; сети хранения SAN (storage area network) как средство

объединения современной инфраструктуры предприятия — переход от DAS-хранения к их распределению и NAS (network attached storage) — специализированные серверные системы хранения данных, подключенные к сети.

Сетевое хранение данных по технологии SAN предоставляет серверам корпоративной сети консолидированный сетевой ресурс внешней памяти. Консолидация строится на основе создания общего пула ресурсов с едиными принципами доступа в виде виртуальной<sup>1</sup> памяти VCS (virtual consolidated store). В качестве ресурса хранения информации используют дисковые массивы, ленточные библиотеки. Концепция SAN основана на возможности соединения по высокоскоростной сети передачи данных любого из серверов с любым устройством хранения данных, работающим по протоколу Fibre Channel (FC) со скоростью обмена до 8 Гбит/с. Это самый распространенный протокол в сфере сетей хранения (SAN). В настоящее время он обеспечивает скорость передачи данных до 8 Гбит/с, однако требует специального аппаратного обеспечения для серверов и сети. Различные топологии SAN в совокупности с системами управления хранением SAM (storage area management — управление средой хранения) обеспечивают большую гибкость, производительность и надежность [13—16]. SAN — это стандарт сети хранения данных в центрах обработки данных (ЦОД).

Система DAS, в которой компьютер/сервер управляет только доступом ко всем файлам (блочный режим не поддерживается), называется сетевым устройством хранения, или файлером, и представляет собой систему хранения NAS с отдельным адресом в локальной сети. NAS — это внешние жесткие диски, которые подключаются к сети. Они дают возможность ряду пользователей работать с общими файлами. Функционирует как в локальных, так и в распределенных сетях, поддерживающих протокол TCP/IP и технологию Ethernet. Основным преимуществом такого варианта организации доступа по сравнению с SAN является удобная интеграция дополнительной СХД в существующие сети. NAS-система — это наиболее приемлемое решение относи-

---

<sup>1</sup> Идея виртуализации — обеспечить предоставление серверам ресурсов хранения в виде, независимом от используемых дисковых массивов. В идеале серверы должны «видеть» не устройства хранения данных, а ресурсы. В результате не только достигается консолидация данных критических корпоративных приложений, но и обеспечивается высокий уровень доступности и надежное хранение.

тельно простоты развертывания и невысокой совокупной стоимости владения.

Архитектура NAS максимально оптимизирована для конкретной задачи — файловый сервис. В основу NAS-продуктов положено ключевое правило: вся вычислительная мощность сосредоточена на единственной и главной задаче — обслуживание и хранение файлов. Ограничившись этой задачей, NAS-продукты позволяют организовать работу группы пользователей с общими файлами максимально эффективно с точки зрения быстроты действия и затрат. Сетевая система хранения данных использует упрощенные операционные системы. Такие ОС лишены всех ненужных служб и модулей, при этом они максимально оптимизированы для обслуживания файловой системы. Простая архитектура софта позволяет получать высокую скорость передачи данных и максимально быстрый отклик на запросы пользователей, не требуя каких-либо серьезных вычислительных мощностей. Как правило, такие ОС зашиты во флеш-память устройства и предустанавливаются фирмой-производителем.

Основные требования, предъявляемые к СХД, [17]:

- производительность — объем хранимых данных, пропускная способность в операциях записи/чтения и предельное количество обслуживаемых операций ввода-вывода (IOPS);
- надежность — минимизация времени простоя системы, безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохранность данных;
- функциональность — соответствие СХД решаемым задачам, в частности совместимость с существующими приложениями;
- управляемость — возможность централизованного управления и интеграции в информационную систему предприятия;
- безопасность — обеспечение необходимой степени защиты с применением политик администрирования;
- масштабируемость — способность СХД к развитию наряду с другими компонентами информационной системы.

В зависимости от производительности и соответственно цены [7, 17] СХД принято условно разделять на классы (табл. 1). Экстремумы значений этих показателей (объем хранимых данных, пропускная способность в операциях записи/чтения и предельное количество обслуживаемых операций ввода-вывода) определяют СХД начального (низкого) и высокого классов. СХД, параметры которых находятся в диапазоне между экстремумами, относят к классу midrange.

Таблица 1. Классификация СХД [17]

Класс СХД	Количество дисков	Производительность (IOPS)	Пропускная способность, МБ/с
Высокий (high-end)	до 2400	свыше 70000	свыше 1000
Средний (midrange)	до 960	до 70000	до 1000
Начальный (low-end)	до 60—105	до 10000	до 300

К классу high-end принадлежат системы, которые обеспечивают максимально возможный уровень надежности и производительности. Как правило, они представляют собой законченное, оптимизированное под конкретного заказчика решение.

К классу low-end относят ограниченные по функциональности дисковые системы с базовыми возможностями и простой архитектурой.

СХД класса midrange наиболее распространены и востребованы, несмотря на то, что при отказе какой-либо аппаратной подсистемы массива производительность СХД нелинейно падает. Они имеют модульную архитектуру, поэтому легко масштабируются. Для СХД среднего уровня характерно сбалансированное сочетание функциональности, мощности, емкости, гибкости, управляемости и защищенности — наиболее востребованных и актуальных показателей реализуемых решений [17].

### 1.3.1. Транспорт систем хранения данных

В ключе виртуализации рассмотрим транспорт СХД (см. также приложение А). В СХД в качестве транспортной платформы, как правило, используется несколько видов сетей для передачи разных видов трафика. Fibre Channel (FC) до сих пор остается стандартным способом организации сети хранения данных SAN. Эта технология зрелая, и все ведущие производители предлагают свои системы хранения или устройства резервного копирования на ленту с интерфейсами FC. Сеть хранения данных SAN физически изолирована от других сетей (например, сети IP), содержит собственные коммутаторы, использует специальные протоколы (Fibre Channel Protocol, SCSI и FCoE) и имеет отдельную кабельную систему, подобную Gigabit Ethernet. 8 Гбит/с обеспечивают достаточно высокую производительность, инфраструктура проста в обслуживании и надежна даже при избыточном оснащении одной SAN двумя адаптерами главной шины (Host Bus Adapter, HBA) на каждый сервер и не менее двух коммутаторов FC.

Недостатками решений FC являются специальное аппаратное обеспечение и необходимость создания отдельной сети для подключения систем хранения.

Разработка технологии Internet-SCSI: SCSI по IP (SCSI over IP) была обусловлена высокой стоимостью аппаратного обеспечения FC SAN. Internet-SCSI (iSCSI) — это среда, объединяющая широко распространенный сетевой протокол TCP/IP со стандартом передачи данных SCSI. Она альтернативна системе хранения с прямым подключением, основана на стандарте SAN и предназначена для затратоемких областей ИТ-инфраструктуры. Среда iSCSI является предпочтительным решением для консолидации систем хранения, защиты данных и аварийного восстановления как для централизованного, так и распределенного окружения. iSCSI был стандартизирован и принят производителями. Для iSCSI существует достаточно стандартных карт GbE и коммутаторов локальной сети. При таком подходе упаковывается протокол SCSI в TCP/IP.

Поскольку iSCSI предусматривает передачу блоков данных, эта технология относится к решениям SAN. Только в FC SAN протокол SCSI упаковывается в FC, а в iSCSI SAN — в TCP/IP. Кроме того, операционная система рассматривает диски iSCSI в качестве внутренних жестких дисков. Это позволяет просто и экономично объединить системы хранения с прямым подключением DAS и способствовать их превращению в централизованные решения. Несмотря на то, что пропускная способность iSCSI меньше, чем у FC, для большинства приложений ее оказывается достаточно. Основным преимуществом этой сети является экономия средств. Скорость передачи полезных данных ограничена 80—90 Мбайт/с. Известны решения, при которых пропускная способность увеличивается до 150 Мбайт/с [18, 19].

С точки зрения производительности и безопасности сеть iSCSI так же, как и сеть FC, изолируется от локальной сети IP и в зависимости от требований оснащается избыточно. Серверу требуется либо специальная карта iSCSI (iSCSI HBA), либо программный инициатор в сочетании с сетевой картой. Программный драйвер (Software Initiator) или соответствующая аппаратная карта упаковывают протокол SCSI в TCP/IP [18].

Основная цель Fibre Channel over Ethernet (FCoE) — это создание высокопроизводительного и высокоизбыточного соединения Ethernet в ЦОД для всех служб данных, что позволило бы сэкономить энергию и упростило бы процесс администрирования.

FCoE можно рассматривать как эволюцию протокола iSCSI, инкапсулирующего протокол FC в кадры Ethernet. Однако возможности FCoE могут быть полностью реализованы лишь в среде 10 Гбит/с. Для этого потребуются сетевые карты FCoE и высокопроизводительные коммутаторы, поддерживающие все функции FCoE. Иными словами, в отличие от iSCSI традиционные аппаратные решения для Ethernet непригодны. Как свидетельствуют результаты тестов с предлагаемым аппаратным обеспечением, пропускная способность FCoE соответствует уровню FC.

Однако утверждать, что применение FCoE в качестве консолидированной и единственной среды передачи эффективно, пока рано [18, 19]. Причин несколько. Ethernet имеет ряд недостатков. Эта технология не пригодна для передачи критичного к потерям трафика сетей хранения. В существующем виде Ethernet не может служить надежным транспортом канального уровня, для этого требуется его доработка. Так, при передаче блоков протокола SCSI по уже созданной инфраструктуре IP по протоколу TCP/IP iSCSI имеет следующие недостатки:

- непредсказуемая и значительная по меркам сети хранения задержка;
- невысокая скорость передачи данных вследствие особенностей функционирования протоколов стека TCP/IP;
- снижение производительности существующей инфраструктуры IP в результате использования части пропускной способности сети для передачи трафика сети хранения;
- проблемы с обеспечением безопасности передаваемого трафика.

FCoE предъявляет к коммутирующей инфраструктуре два основных требования: 1) поддержка кадров большого размера (так называемые Jumbo Frame); 2) наличие высокоскоростных соединений (свыше 10 Гбит/с) [18, 19].

Однако широкое использование технологии Ethernet, появление в ближайшем будущем технологий 40GE/100GE, а в перспективе и терабитовых скоростей, успешное испытание временем и множество хорошо подготовленных в этой области специалистов ИТ — все это стимулирует мировое ИТ-сообщество по-новому взглянуть на будущее Ethernet [19].



# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ПУТИ РАЗВИТИЯ

### 2.1. BUSINESS INTELLIGENCE — ЭВОЛЮЦИЯ, НОВЫЕ ИТ

К информационным технологиям авторы настоящей монографии обращались [20] в период становления информационного общества, когда вопросы взаимодействия информационных ресурсов в гетерогенной распределенной среде были крайне актуальны, а требования к современным ИТ относительно интероперабельности часто обсуждаемы. За прошедшее время произошло переосмысление web-технологии и завершилось ее развитие от механизма предоставления информации до оказания разного рода услуг, в частности доставка программ конечному пользователю, платформ для желающих создавать приложения, инфраструктуры и т.д. Возник интерес к аналитическим ИС (Business Intelligence, BI), способным работать в широком информационном пространстве с данными, поступающими из разных источников.

В нефтегазовом секторе, электроэнергетике и других отраслях наблюдается возрастание требований относительно достоверности, оперативности сбора и обработки информации, на основе которой принимают стратегические бизнес-решения. Сведения, необходимые для эффективного решения управленческих задач (данные о клиентах, продуктах и текущих маркетинговых мероприятиях) хранятся в многочисленных разрозненных информационных системах, а из-за отсутствия связей между ними, а также различных маркировок товаров и услуг корпоративным аналитикам приходится вручную сопоставлять и сравнивать данные. При составлении отчетов о расходах менеджеры компании сталкиваются с подобными проблемами, например, в системах кодирования затраты по филиалам концерна различаются [21].

Для преодоления указанных сложностей были созданы объединенные (federated) хранилища данных [20, 22], куда загружалась информация о продуктах, клиентах и продажах, поступающая из всех отделений корпорации. В результате менеджеры, ответственные за общее развитие бизнеса, смогли легко опреде-

лить прибыли и объемы продаж для каждого продукта и для любого региона.

Кроме того, появилась возможность отслеживать тенденции, корректировать текущие маркетинговые кампании и планировать новые. Хранилища также использовались для данных, которые ежемесячно выгружались из локальных систем. Они предназначались для заполнения матрицы глобальных издержек, используемой для повышения скорости составления отчетности о расходах, усиления прозрачности и выявления возможных путей сокращения затрат. Объединив информацию о расходах путем преобразования локальных диаграмм отчетности в глобальную структуру, полученные издержки сравнивали по странам и регионам, сопоставляли их с результатами деятельности и, таким образом, выявляли распределение затрат [22].

До внедрения технологии федеративных хранилищ данных подобные сравнения были связаны с существенными сложностями: требовались значительные усилия по сбору информации, а процесс сбора был достаточно продолжительным, в результате чего к моменту проведения анализа многие данные устаревали. С внедрением этой технологии для получения информации по каждой стране потребовалось от двух до трех дней, кроме того, было упрощено и ускорено сопоставление данных [5]. Например, в электроэнергетике процесс торговли электроэнергией во многом схож с функционированием фондовой биржи: каждые полчаса производители энергоносителей должны сообщать на центральный коммутатор, по какой цене и в каком количестве они готовы поставлять свою продукцию [22]. Если продукт предлагают по слишком высокой цене, то товар не будет пользоваться спросом, а по очень низкой — последуют убытки. Таким образом, определение конкурентоспособной цены стало задачей первостепенной важности. Процесс принятия решения осложнялся тем, что ежедневно все электростанции получали огромное количество сообщений (более четырех миллионов информационных единиц в день). В хранилище эти данные должны находиться в течение семи лет.

Доступ к данным в реализованном хранилище осуществлялся через корпоративный интранет, т.е. работники компании, загрузившись на внутренние web-страницы, получали информацию об объемах текущего и планируемого производства, а также о ценах. Кроме того, пользователи могли обмениваться результатами анализа данных, отправляя их по внутренней сети. С помощью

хранилища данных практически мгновенно — каждые пять минут — отслеживались малейшие изменения цен на рынке.

В работе [22] следует обратить внимание на «технологии хранилищ данных и интегрируемые решения Business Intelligence (BI)», которые позволяют успешно решать различные производственные задачи.

Уместно также сослаться на работу [23], в которой отмечено, что, упустив признаки экономического спада, возможно, из-за охвата лишь ограниченного объема данных, аналитики потребовали качественно новых инструментов, способных решать такие глобальные задачи, как выявление нерегулярных тенденций в мировой и региональной экономике, бизнесе и на потребительских рынках. По мнению аналитиков, в 2012 году из пяти тысяч крупнейших компаний мира около двух тысяч терпели убытки из-за отсутствия своевременного доступа к актуальным данным и ошибочных прогнозов, обусловленных работой с недостаточным объемом информации.

Однозначного четкого определения BI не существует [24–26]. Приведем несколько вариантов:

- анализ данных, связанных только с финансовой деятельностью предприятия;
- информационное обеспечение бизнеса в самом широком смысле — интеллект, разведка<sup>2</sup> и т. д. — в общем, то, что необходимо для принятия решений;
- все известные методы анализа, от подготовки отчетов до поиска текстов и данных, область действия которых выходит за рамки финансовой аналитики;
- отождествление с системами поддержки принятия решений DSS<sup>3</sup>;
- толкование данных, подготовка отчетов, построение моделей и выработка рекомендаций и прогнозов;

---

<sup>2</sup> Разведка, или «добыча», данных (data mining) — это процесс обнаружения корреляции, тенденций, шаблонов, связей и категорий. Выполняется путем тщательного исследования данных с применением статистических и математических методов, предназначенных для нахождения представлений, интуитивно понятных специалистам, знающим бизнес-процессы и умеющим предсказывать результат или значение определенных ситуаций, используя исторические или субъективные данные [24, 27].

<sup>3</sup> DSS основана на технологиях хранилища данных и BI. Система определяет методы и средства доступа и оперативного анализа информации в терминах предметной области [24].

- знания, добытые о бизнесе с использованием различных аппаратно-программных технологий, позволяющие превращать данные в информацию, а затем информацию — в знания.

Из приведенного в [25] определения ВІ следует, что на него возлагаются задачи агрегации, интеграции и интерпретации данных из разнородных источников с целью превратить их в удобную для принятия решений информацию. Этот вывод сделан на основе анализа процесса управления бизнесом в контексте окружения для ВІ:

- обнаружение и детализация проблемы;
- постановка задачи и идентификация данных, необходимых для ее решения;
- анализ данных, в том числе пробный анализ EDA, анализ, позволяющий построить гипотезы SDA и определить потоки данных, а также другие виды анализа;
- ВІ — толкование данных, подготовка отчетов, построение моделей и выработка рекомендаций и прогнозов;
- принятие решений.

Определение ВІ «данные — информация — знания» [24] привлекает завершенностью и логикой. Здесь данные воспринимаются как реальность, которую следует регистрировать, хранить и обрабатывать, иными словами, «сырые данные». Информация — это то, что человек способен понять о реальности, а добытые знания используются для принятия решений. В процессе организации информации для получения знания необходимо применять хранилища данных, а для представления этого знания пользователям необходимы инструменты ВІ. Информацию как таковую не всегда можно использовать для принятия решений в виду ее значительного и непрерывно возрастающего объема. Средства бизнес-интеллекта и хранилищ данных призваны находить в данных и информации то существенное, что реально дополняет полезные знания. Они не заменяют человека, а используют для формирования гипотез интуицию, основанную на его подсознании и личном опыте. В широком смысле ВІ определяет:

- процесс превращения данных в информацию и знания о бизнесе для поддержки принятия улучшенных и неформальных решений;
- информационные технологии (методы и средства) сбора данных, консолидации информации и обеспечения доступа бизнес-пользователей к знаниям;
- знания о бизнесе, добытые в результате углубленного анализа детальных данных и консолидированной информации.

В основе технологии BI лежат организация доступа конечных пользователей, анализ структурированных количественных данных и информации о бизнесе. BI порождает итерационный процесс бизнес-пользователя, обеспечивающий доступ к данным и их анализ, а значит, проявление интуиции, формирование заключений, нахождение взаимосвязей с целью эффективных положительных изменений предприятия.

Архитектура BI-технологии состоит из инфраструктуры и прикладных сервисов. Инфраструктурный слой включает в себя информационные ресурсы и сети. На этом слое данные собираются, интегрируются и становятся доступными. Хранилище данных — один из возможных компонентов инфраструктурного слоя. BI-средства не обязательно должны работать в инфраструктуре хранилища данных, но тогда проблема очистки и согласования данных возлагается именно на них (BI). Если данные должным образом не преобразованы, не очищены и не консолидированы, то никакие возможности BI-инструментов или приложений не смогут повысить их достоверность. Проблемы могут возникнуть из-за несогласованности метаданных. В рамках большой корпорации эти вопросы решают на инфраструктурном уровне, создавая корпоративное хранилище данных и централизованное управление метаданными. Для использования BI в оперативных системах может потребоваться оперативный склад данных ODS (Operational Data Store).

Прикладные сервисы, ответственные за функциональность, включают в себя все BI-сервисы: механизмы запросов, анализа, генерации отчетов и визуализации, а также средства безопасности и метаданные [24]. В широко распространенном варианте BI (доступ к данным, располагаемым в хранилищах, генерация запросов и отчетов, отчетность и оперативная<sup>4</sup> аналитическая обработка OLAP (Online Analytical Processing))<sup>5</sup> (рис. 2) эффектив-

---

<sup>4</sup> Оперативность анализа не связана с реальным временем обновления данных в системе. Эта характеристика относится ко времени реакции OLAP — системы на запросы пользователей.

<sup>5</sup> В состав BI могут входить *средства анализа*: пакеты статистического анализа, анализ временных рядов и оценки рисков; средства моделирования; пакеты для нейронных сетей; средства нечеткой логики и экспертные системы, а также *средства для графического оформления результатов*: средства деловой и научно-технической графики; «приборные доски»; средства аналитической картографии и топологических карт; средства визуализации многомерных данных [24].

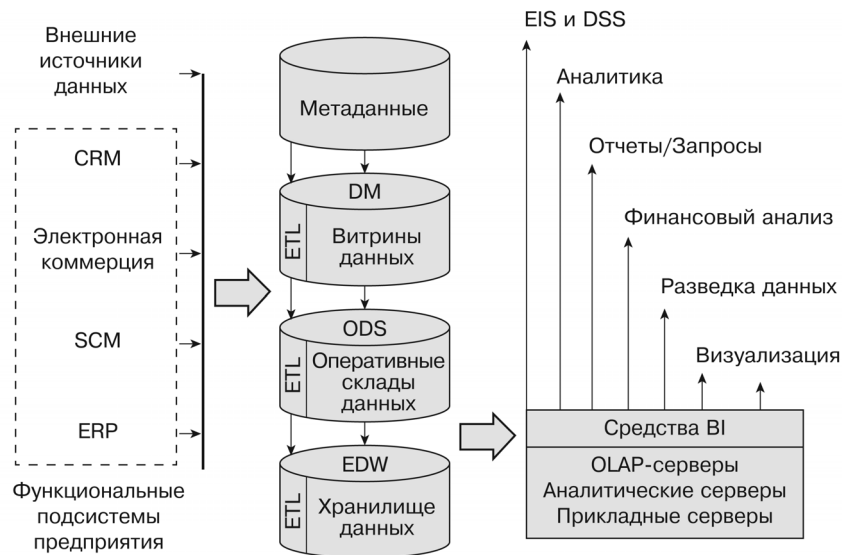


Рис. 2. Схема превращения данных в информационные продукты

ность принимаемых решений в немалой степени зависит от способности ряда функциональных подсистем предприятия (например, системы управления отношениями с клиентами CRM (Customer Relationship Management), управления внутренними и внешними ресурсами предприятия ERP (Enterprise Resource Planning), управления эффективностью бизнеса CPM (Corporate Performance Management)) взаимодействовать между собой. Призванные решить проблему интероперабельности<sup>6</sup> программные продукты, реализующие интегрированную информационную среду предприятия EAI (Enterprise Application Integration) путем объединения, например, функциональных подсистем, баз данных, хранилищ данных, в большинстве случаев являются частными решениями. Подсистемы работают на собственном наборе данных, не могут обмениваться ими в режиме реального времени и не образуют единую систему [28].

<sup>6</sup> Здесь интероперабельность используется в широком смысле: техническая интероперабельность — это совместимость систем на техническом уровне, включая протоколы передачи данных и форматы их представления; семантическая интероперабельность — свойство информационных систем, обеспечивающее взаимную используемость полученной информации на основе общего понимания системами ее значения [29].

Основные инструменты BI [24] остаются наиболее распространенными, так как удовлетворяют большинству потребностей. Однако BI (рис. 2) как правило, базируется на хранилищах данных, обеспечивающих доступ к уже использованным оперативным данным для «исторического анализа» и генерации отчетов. Кроме того, для получения данных используют ограниченное число бизнес-процессов и систем, а также поддерживают только структурированные данные. В требованиях к BI-системам все чаще высказывается желание работать со «свежими данными», дополняющими традиционные стратегические решения. С одной стороны, существует регламент выполнения ETL-процессов заполнения хранилища огромными объемами данных<sup>7</sup>, с другой — бизнес не может ждать, пока данные поступят в хранилище, а затем появятся в отчетах. Теперь, как никогда, возрастает значение своевременности предоставления информации. Временной лаг в несколько часов или дней для помещения оперативных данных в хранилище с целью их последующего анализа в определенных ситуациях уже считается недопустимым, поскольку полная и точная информационная картина сегодня нужна в реальном времени непосредственно в ходе выполнения бизнес-процесса. Поэтому все более востребованы активные хранилища [26, 31], или хранилища «реального» времени, позволяющие эффективно решать задачи оперативной отчетности и аналитики реального времени.

### **2.2. СТРАТЕГИЯ ИНТЕГРАЦИИ ХРАНИЛИЩ. ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО**

Эффективность хранилища зависит не только от возможности аккумулировать все данные предприятия в одном месте, но и от способности предоставлять их всем заинтересованным под-

---

<sup>7</sup> OLAP — инструменты, работающие, как правило, с многомерными БД (МБД), время формирования которой существенно зависит от объема загружаемых данных. Несмотря на то, что многомерные БД являются наиболее подходящими для оперативной аналитической обработки, эту возможность встраивают в реляционные СУБД или расширяют их OLAP для реляционных БД (ROLAP). Последние имеют преимущество перед многомерным OLAP (MOLAP) по масштабируемости и гибкости, но проигрывают ему по производительности. Для поддержки МБД используют OLAP — серверы [30], оптимизированные для многомерного анализа и поставляемые с аналитическими возможностями.

разделениям организации. Это, прежде всего, стратегия интеграции хранилища данных в корпоративную архитектуру организации для доступности обработки важной для принятия решения информации. Эффективное использование информации из активного хранилища для поддержки принятия тактических решений возможно, когда средства бизнес-анализа тесно взаимодействуют с приложениями оперативной обработки транзакций OLTP (Online Transaction Processing) в рамках всего предприятия. Это позволит не только улучшить собственно процесс получения данных, но и обеспечить принятие решений практически в режиме реального времени. В момент регистрации бизнес-события в системе финансовых расчетов среда принятия решений (активное хранилище данных) уведомляется об этом событии (рис. 3).

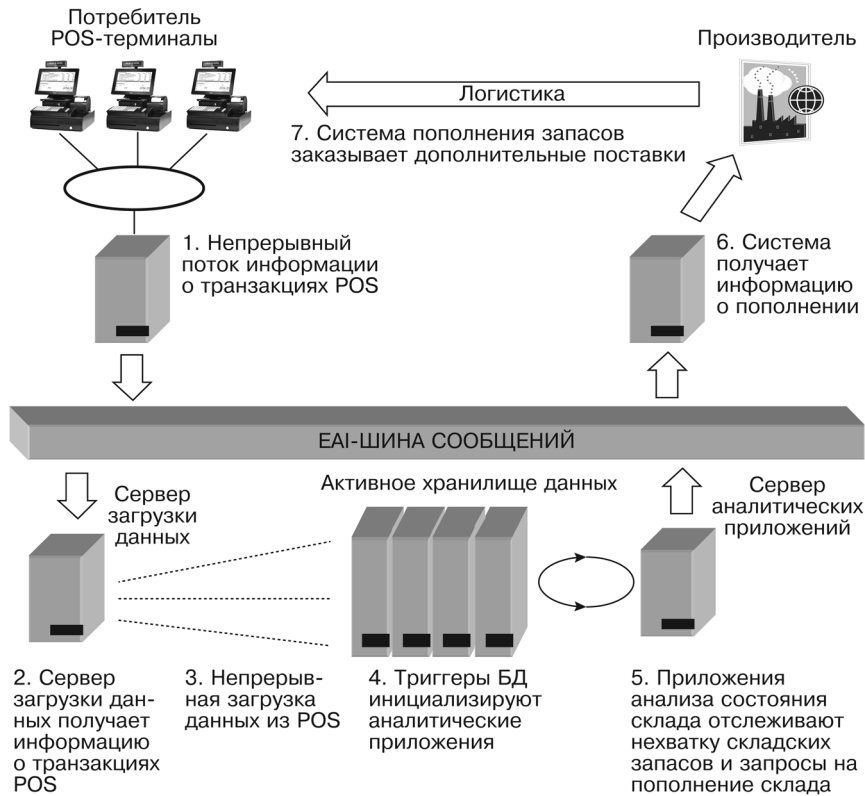


Рис. 3. Активное хранилище и интеграция корпоративных приложений



Когда аналитические приложения, поддерживающие процесс принятия тактических решений, определяют необходимость предпринять некие действия, ставится в известность система OLAP, ответственная за соответствующие финансовые операции. Интеграция этих процессов дает возможность организовать «замкнутый цикл» принятия решений. Данные, передаваемые из среды финансовых расчетов в активное хранилище, будут инициировать решения, передаваемые обратно в оперативные системы финансовых расчетов для выполнения [31].

Системы BI традиционно взаимодействовали со структурированными данными из относительно ограниченного пула корпоративных данных, что существенно сужало область действия поиска информации для принятия решений. По оценке [32] методы BI, основанные на обработке структурированных данных из хранилищ, позволяют использовать не более 20 % общего количества всех доступных данных.

Очевидно, что решения, принимаемые в современном бизнесе, должны базироваться на более широком информационном поле, учитывающем не только многочисленные неструктурированные данные (текстовые документы, электронные письма, web-страницы, мультимедиа и др.), но и хранилища и источники данных вне компаний. Это позволит аналитикам перейти от обработки статистики к выявлению тенденций. Распределенность информации по множеству различных репозитариев, например транзакционные базы данных, хранилища, библиотеки документов, папки электронной почты, где данные хранятся в разных форматах и привязаны к определенным приложениям или бизнес-процессам, также ограничивает возможности компании при проведении ими анализа информации. Однако для расширения сферы влияния BI на все доступное информационное поле одной какой-либо системы, даже корпоративного уровня, недостаточно.

В настоящее время формируется новое поколение архитектуры хранилищ данных для поддержания оперативного бизнес-анализа. IBM и Microsoft реализуют стратегии интеграции программных средств бизнес-интеллекта с целью создания нового поколения ПО, которое будет обрабатывать как структурированные, так и неструктурированные данные [26]. Компания IDS располагает фундаментальной технологией, позволяющей переносить неструктурированные данные в структурированную среду и осуществлять их интеграцию в рамках этой среды [33]. На основе усовершенствованной версии DB2 Warehouse [33] IBM

представила свою стратегию создания динамических информационных хранилищ (Dynamic Warehousing) [34], которая позволит анализировать информацию не только в ее «историческом прошлом», но и в актуальном настоящем, получая точные оперативные данные из самых разных источников в контексте текущей бизнес-операции и извлекая из них глубинную для бизнеса суть. Динамическое информационное хранилище характеризуется следующими ключевыми моментами:

- возможностью извлекать и использовать знания из неструктурированной информации;
- поддержкой доступа в реальном времени к агрегированной, очищенной информации;
- встроенной аналитикой, которую можно использовать в рамках бизнес-процесса;
- широким набором интегрированных средств реализации концепции «информация по требованию» (information on demand).

Динамическое хранилище данных представляет собой интегрированную с ядром DB2 среду, расширяющую возможности собственно хранилища и предоставляющую информационные сервисы. С одной стороны, это — объединение функциональности сервера БД, оптимизированного для оперативной обработки транзакций, и специализированных возможностей современного хранилища данных, в частности архитектуры (без разделения), в которой для выполнения запроса назначается выделенный пул виртуальных ресурсов, средств поддержки масштабируемости и высокой производительности, а также встроенной аналитики; с другой — инфраструктура интегрированных информационных сервисов, таких как текстовый поиск и анализ, интеграция информации, управление процессами и др. (рис. 4).

Так в систему интегрирован инструментарий перемещения и трансформации данных, предназначенный для их загрузки в хранилище и подготовки для дальнейшей аналитической обработки, что снижает сложности и расходы, обычно связанные с выполнением этих операций.

Следующий уровень образуют средства оптимизации производительности хранилища: разбиение данных на разделы (data partitioning) в рамках одного сервера или кластера, обеспечивающее линейную масштабируемость хранилища; управление рабочей нагрузкой, гарантирующее высокий приоритет запросам наиболее критичных приложений; сжатие данных, позволяющее оптимизировать использование дискового пространства и повысить скорость обработки запросов.

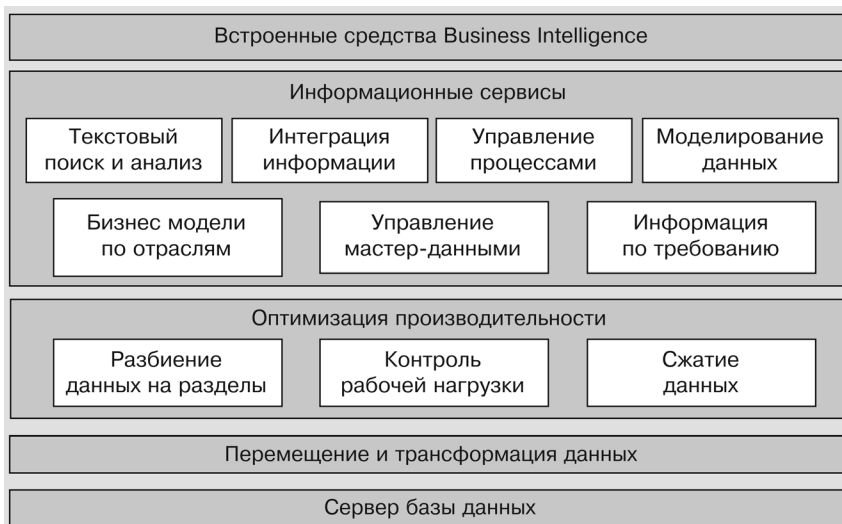


Рис. 4. Упрощенная архитектура динамического хранилища данных

На верхнем уровне хранилища находятся встроенные средства BI, которые можно использовать как в составе приложений (in-line analytics), так и в качестве отдельного сервиса. Все операции бизнес-аналитики выполняются непосредственно в хранилище, исключая необходимость в экспорте данных для анализа. Встроенные аналитические средства не заменяют высокоуровневый BI-инструментарий, который может быть использован на предприятии, но дополняют его, предоставляя возможность выполнять операции по разведке (добыче) и анализу данных непосредственно в контексте текущих бизнес-операций и приложений.

Информационный сервис текстового поиска и анализа (см. рис. 4), направленный на выявление полезных знаний из неструктурированной информации (электронная почта, комментарии и иллюстративный материал, голосовые и текстовые сообщения коммуникационных систем), выполнен на платформе интеллектуальной обработки контента (omnifind analytics edition). Последняя предоставляет полнофункциональный интерфейс, сочетающий в себе средства поиска, текстового анализа и визуализации, и позволяет выявлять значимые для бизнеса данные из взаимосвязанной структурированной и неструктурированной

информации. Эти возможности могут быть использованы для контроля над ситуацией в бизнесе, управления событиями и отслеживания изменений, имеющих тенденцию к развитию во времени.

Интеграция информации — средства агрегирования, очистки и преобразования информации из разных источников, а также предоставление этой информации в качестве сервиса (IBM Information Server); управление процессами — средства извлечения информации в контексте выполняемых действий бизнес-процесса и ее анализ для совершенствования принятия решений и оптимизации процессов (программное обеспечение управления бизнес-процессами семейств IBM FileNet и WebSphere); специализированные по отраслям бизнес-модели — для повышения эффективности аналитики в конкретных индустриях (IBM industry data models).

Таким образом, сохраняя традиционные функции агрегирования и очистки операционных данных для глубокого исторического анализа и выявления проблем, возможностей и тенденций, современные хранилища данных должны в реальном масштабе времени обеспечивать бизнес-приложения актуальной аналитической информацией и уметь работать с разными типами информации, в том числе неструктурированной. Фактически от современного хранилища требуется поддержка одновременно абсолютно разных типов рабочих нагрузок, включая выполнение запросов критичных приложений, требующих немедленного отклика, формирование традиционных отчетов для решения тактических и стратегических задач, обработку эпизодически возникающих непредсказуемых запросов от приложений, поддерживающих различные этапы бизнес-процессов, а также сопровождение новых аналитических потребностей традиционных транзакционных систем. Следовательно, хранилище данных должно стать динамичным, способным обеспечивать выполнение задач разных типов и различных требований к уровню обслуживания [34].

Майкрософт предлагает недорогую платформу для BI на базе SQL Server, SharePoint и Office. Первый включает в себя средства ETL, генерации отчетов, аналитики и разведки данных; SharePoint — приборные панели (dashboard), средства для демонстрации показателей (scorecard) и модуль Power Pivot, позволяющий собирать данные из разных источников.

Около 80 % всех усовершенствований платформы SQL Server 2008 R2 связано с бизнес-аналитикой. Кроме того, часть обновлений платформы нацелена на повышение масштабируемости, эффективности и управляемости решений. Один экземпляр сервера теперь может использовать до 256 логических процессоров и до 2 Тбайт оперативной памяти (ранее можно было одновременно задействовать 64 процессора). Улучшена работа SQL Server в виртуализованных средах под управлением гипервизора Microsoft Hyper-W. Виртуализованный экземпляр программы теперь можно непосредственно во время работы переместить с одного физического сервера на другой. Обновлены средства администрирования СУБД. Новая консоль Utility Control Point позволяет из одной точки управлять политиками группы серверов.

Важным новшеством, повышающим эффективность аналитических решений, стала технология Stream-Insight, которая позволяет обрабатывать и анализировать поступающие данные сразу, без предварительной очистки и загрузки в хранилище. Такое свойство технологии StreamInsight обеспечивает ее широкую востребованность в телекоммуникационной сфере, где операторам необходимо анализировать каждое тарифицируемое событие в сети, чтобы исключить возможную утечку доходов. Специальные программные фильтры выделяют из потока данных только значимые для конкретного бизнес-процесса сведения, что дает возможность минимизировать объем хранимой исторической информации без потери качества, сокращает время выявления различных закономерностей и повышает скорость принятия решений.

Ключевой особенностью платформы Microsoft SQL Server 2008 являются мощные встроенные инструменты BI, расширяющие возможности привычных для аналитиков продуктов Microsoft Excel 2010 и SharePoint Server 2010. Встроенный в платформу OLAP-сервер с развитыми возможностями многомерного анализа данных может обрабатывать информацию в реальном времени и обеспечивает логическое представление данных в бизнес-терминах. Кроме того, он имеет набор интеллектуальных алгоритмов для задач прогнозирования и выявления скрытых закономерностей.

Модуль Power Pivot for Excel 2010 устанавливается как надстройка к электронным таблицам и обеспечивает загрузку в Excel неструктурированных данных из разных источников и приложений. Пользователь сможет самостоятельно описывать эти данные в разных бизнес-терминах, задавая между ними внутренние связи, добавляя собственную информацию и расчетные форму-

лы. Этот инструмент позволяет Excel с помощью SQL Server работать с таблицами в миллионы строк.

Подсистема MDS (master data services) выполняет управление структурой данных, реализует подсистему бизнес-правил, отслеживает версии данных и выполняет их защиту от несанкционированного изменения, а также позволяет наполнять справочники данных в ручном режиме [35, 36].

### 2.3. ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ

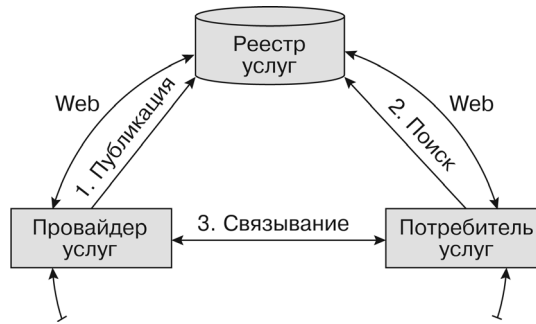
На сегодня изолированные хранилища, не имеющие доступа к распределенным корпоративным данным, не актуальны. Будущее за интегрированными хранилищами, в реальном времени отслеживающими появление бизнес-событий и тесно взаимодействующими с системами принятия решений. Однако весьма значимые затраты на реализацию такого проекта (распределенное хранилище данных, средства BI, персонал ИТ-подразделения и др.) могут привести к тому, что совокупная стоимость владения, очевидно, будет доступна только для крупных производств (компаний).

Предприятиям среднего и малого бизнеса сделать доступными системы бизнес-аналитики с обязательными для них хранилищами данных можно, используя технологию предоставления услуг аналогично тому, как это было реализовано в ВЦКП (вычислительный центр коллективного пользования). Это — технология, с помощью которой пользователь с удаленного терминала получал доступ не только к вычислительным мощностям, но и к накапливаемой в сетях разнообразной информации, распределенной по всем ЭВМ сети. Доступ в подобные распределенные базы (банки) данных осуществлялся сетевыми СУБД. В общем случае пользователь получал и обрабатывал на ВЦ требуемую информацию [37, 38]. Новая технология кардинально отличается сетями и средствами телекоммуникаций от имеющихся при ВЦКП, к тому же концепция предлагаемых по сети услуг иная [29]. Она основана на сервис-ориентированной архитектуре (SOA), предусматривающей структуру из трех элементов (рис. 5): 1) провайдеры служб, размещающие информацию о своих услугах; 2) потребители услуг; 3) реестр услуг. Взаимодействие между различными приложениями и технологиями осуществляет Web (рис. 5). Web-службы (web-service)<sup>8</sup> [29, 39] — это набор основан-

---

<sup>8</sup> Присутствие Web в этом термине объясняется (неубедительно) использованием HTTP в качестве протокола транспорта сообщений между услугой и его потребителем, иной связи с Web нет.

Рис. 5. Сервис-ориентированная архитектура



ных на XML спецификаций, обеспечивающих универсальный метод технического описания услуг и взаимодействия с ними.

Основная рекомендация SOA — слабая связанность<sup>9</sup> придает вновь разрабатываемому ПО способность к быстрой адаптации приложений в непредусмотренных условиях и с заранее не оговоренными группами пользователей. Определяющим фактором адаптивности является встроенная готовность компонентов информационных систем к взаимодействию с другими приложениями — к предоставлению и потреблению электронных сервисов машинного уровня [29, 40, 41]. Физически web-служба представляет собой фрагмент программного обеспечения, называемый агентом. Реализуя абстрактную функциональность услуги, агент способен передавать и принимать сообщения. Один и тот же сервис может быть обеспечен разными агентами. Программно-стандартизованный способ межмашинного взаимодействия в сети распределенных гетерогенных систем реализуется на основе открытых стандартов: SOAP, WSDL и UDDI [28, 43, 44]. Плат-

<sup>9</sup> Благодаря требованию слабой связанности услуги обретают мобильность, способность перемещаться с одного сервера на другой без согласования и координации со всеми потребителями. Достигается это гибкостью интерфейса — ключевого элемента SOA. Эти свойства интерфейса делают его нейтральным к специфике реализации услуги, которая определяется аппаратной платформой, ОС и языком программирования. Подобный нейтралитет обеспечивает универсальность взаимодействия в разнородной среде, а услуги, интегрированные посредством таких интерфейсов, слабо связаны (loose coupling). Поскольку слабая связанность существенно снижает необходимость ручной координации изменений в информационной инфраструктуре со всеми взаимодействующими сторонами, возможность многосторонней интеграции становится вероятнее [42].

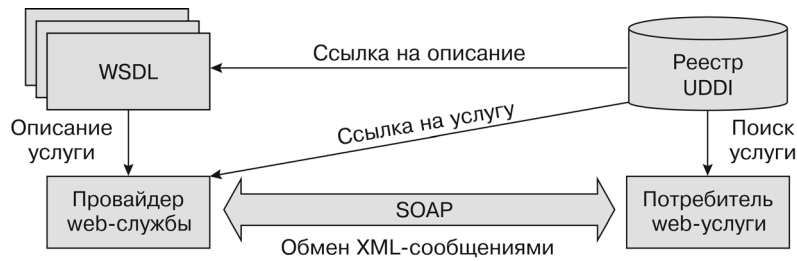


Рис. 6. Web-служба

форма web-служб, основанная на стеке этих стандартов, разделяется на три части: 1) коммуникационные протоколы; 2) описания служб; 3) поиск услуг (рис. 6).

На основе SOA и web-служб созданы такие размещаемые прикладные услуги по требованию (запросу): ПО как услуга SaaS<sup>10</sup> (software-as-a-service) или ПО по требованию SoD (software on demand); динамическая доставка данных по подписке DaaS (data-as-a-service); DISaaS (data integration system-as-a-service) — интеграция данных как сервис; PaaS — услуга, позволяющая разрабатывать, тестировать и внедрять пользовательские приложения; IaaS — услуга, которая обычно предоставляет унифицированные аппаратные и программные ресурсы, а в некоторых случаях и на инфраструктурном уровне для установки ПО с оплатой по мере использования — доступ к ресурсам по модели временной оплаты (pay-as-you-go) и др. Помимо этих услуг могут быть доступны и востребованы IaaS (identification as service — управление идентификацией), HPCaaS (high performance as a service — высокопроизводительные вычисления), BMSaaS (Business Management System as a Service) — системы управления бизнесом и другое специализированное ПО.

В основе SaaS лежит принцип подписки: программное обеспечение не продается как продукт, а предоставляется в аренду, оплата зависит от числа пользователей, объема транзакций и других количественных показателей. Возможность взять в аренду прежде всего снимает вопрос о необходимости капитальных инвестиций в инфраструктуру — покупку оборудования, а чтобы воспользоваться SaaS, не нужно иметь ничего, кроме инфраструк-

<sup>10</sup> Устоявшийся термин SaaS IDC предлагает переименовать в AaaS (application as-a-service).



туры, обеспечивающей доступ в Internet. Главные отличительные свойства модели SaaS:

- ПО работает на стороне провайдера;
- условия использования сочетают в себе правила лицензирования<sup>11</sup> и хостинга;
- доступ к программе осуществляется через любой браузер или тонкий клиент;
- программа подстраивается под специфические требования пользователя, а не однократно конфигурируется специальным способом.

Таким образом, модель SaaS<sup>12</sup> имеет очевидные преимущества перед классической моделью распространения корпоративного ПО: она экономичнее, не требует установки и последующей поддержки ПО в среде обитания пользователя, вложения значительных средств защиты данных, поиска и содержания ИТ-персонала, который будет поддерживать и развивать инфраструктуру. Поэтому необходимость оптимизации бизнеса и, как следствие, поиска новых решений в среде территориально и географически распределенных корпоративных данных стимулировала интерес к доступным без больших инвестиций аналитическим информационным системам, позволяющим работать с различными платформами и устройствами и обрабатывать большие объемы оперативных данных из самых различных источников. С ориентацией на средний и малый бизнес<sup>13</sup> предложено использовать бизнес-аналитику, ранее применяемую только крупными компаниями, по запросу Business Intelligence-as-a-Service (BlaaS) или BI in the Cloud, BI Service, Grid Computing BI, On-Demand BI, SaaS BI, что одно и то же. Аналитика по запросу означает относительную простоту использования, сокращение затрат и сроков внедрения [26, 45].

---

<sup>11</sup> В отличие от традиционного лицензирования программных продуктов за «программы по запросу» клиент платит по принципу подписки, обязуясь вносить регулярные платежи. Считается, что основное преимущество SaaS — низкая стоимость владения и запуска в эксплуатацию.

<sup>12</sup> По данным работы [46] в зависимости от количества пользователей и вида ПО можно сэкономить до 85 % совокупной стоимости владения решением в течение трех лет. Кроме того, услуга дает возможность перевести часть затрат на ИТ из капитальных в операционные.

<sup>13</sup> Рассмотреть приобретение ПО по подписке в России готовы 78 % компаний малого бизнеса, поскольку это дешевле (36 %), позволит сфокусироваться на основном бизнесе (31 %) и повысит надежность ИТ (30 %) [46].

Не вдаваясь в подробности об инструментарии BI по требованию, отметим, что BaaS прогнозируют развитие в области web- и финансовой аналитики, анализа рисков и угроз мошенничества, социальных сетей SNA (Social Network Analysis), отражающих множество мнений и позволяющих использовать эффект «мудрости толпы», событийного маркетинга и сравнительного анализа производительности. Вполне возможно, что будущее BaaS связано с моделью динамической доставки данных по подписке DaaS с рынка данных. Единицы в одном — наибольший эффект достигается при интеграции с традиционными инструментами бизнес-анализа [26].

Наличие современных технологий (SOA — web-службы — SaaS), высокоскоростных каналов связи и высокопроизводительных коммуникаций<sup>14</sup> позволило выйти за рамки высокоэнергоемких ВЦКП или, как принято теперь говорить, центров обработки данных (ЦОД), и использовать компьютеры Глобальной сети подобно тому, как это было сделано в Grid. Слово «подобно» употребили потому, что Grid<sup>15</sup> — это физическая среда на физических машинах, предназначенная для решения задач конкретного класса, а технологии предоставления ПО либо иных

---

<sup>14</sup> Например, коммутирующая платформа Arista 7500 имеет наивысшую производительность из всех современных решений, поддерживающих 10 Gigabit Ethernet. В Arista 7500 имеется 384 порта, к которым можно подключать серверы и накопители iSCSI; скорость передачи — 5,76 млрд пакетов в секунду. Реализован виртуальный выход очередей Virtual Output Queueing (VOQ), поддерживающий отдельные очереди для каждого физического выхода, что исключает возможность столкновения и взаимных блокировок потоков данных. Скорость коммутации Arista 7500 VOQ составляет 1,25 Тбит/с, что дает потенциал для увеличения скорости работы портов до 40 и 100 Гбайт/с. На Arista 7500 работает специализированная сетевая ОС EOS, отличающаяся от обычных серверных ОС тем, что она не монолитна. В Arista EOS (архитектура со множеством разделяемых процессов) состояние сети отделено от работы процессов, что позволяет без нарушения работоспособности системы в целом осуществлять восстановление после сбоев, обновление ПО и средств обеспечения безопасности. Кроме того, протокол процесса, функции управления и драйверы устройств могут работать не в ядре, а в пользовательском адресном пространстве. В результате существенно повышается стабильность работы ядра (стандартное ядро Linux) и открывается возможность для расширения функциональности ОС и обеспечения надежности коммуникаций [47].

<sup>15</sup> Grid-компьютинг: отдельный компьютер становится частью виртуальной вычислительной среды, полностью растворяясь в глобальной ИТ-инфраструктуре [48].

услуг по требованию (on demand) имеют более широкий спектр приложений.

Сравнивая Grid [28, 48] с WWW, отметим, что Grid выходит за рамки совместного пользования информацией, предоставляя возможности распределенных вычислительных мощностей и систем хранения данных. Изначально Grid<sup>16</sup> использовался академическими структурами в задачах распределенной аналитической обработки больших объемов информации. Поддержка приложений электронного бизнеса (моделирование в области дизайна, сборки и управления жизненным циклом производства таких сложных объектов, как самолеты или автомобили, моделирование финансовых ситуаций и др.) расширила сферу применения Grid и сблизила с технологиями и стандартами, обеспечивающими взаимодействие на уровне служб. Эту функцию выполняет открытый стандарт OGSA (open grid services architecture). Он интегрирует web-службы и услуги в области Grid-вычислений, ресурсы распределенных, гетерогенных, динамических средств, что служит основой для использования Grid-приложений в коммерческих целях. Модель OGSA включает в себя три стандарта web-служб: SOAP, WSDL, WS-Inspection<sup>17</sup> (рис. 7) [48, 49].

Архитектура Grid сфокусирована на интеграции уже существующих ресурсов, включая оборудование и ПО, операционные системы, локальные средства, обеспечивающие управление и безопасность. Это обусловлено стремлением как можно эффективнее использовать дорогостоящие распределенные вычислительные ре-

---

<sup>16</sup> Globus Toolkit, свободно распространяемый инструментальный, — фактический стандарт конструирования Grid-систем.

<sup>17</sup> Корпорации IBM и Microsoft, ранее принимавшие участие в разработке технологий web-служб, представили стандарт WS-Inspection, который дополняет UDDI, есть его логическим продолжением и полностью с ним совместим. Как и в случае с UDDI, все web-решения в рамках новой технологии основаны на XML, однако, как утверждается, в основу услуг будут положены более совершенные алгоритмы. Если UDDI, строго говоря, представляет собой универсальный справочник, то WS-Inspection существенно расширяет возможности поиска. Спецификация нового стандарта WS-Inspection дополняет глобальную технологию каталогов UDDI благодаря оптимизации процесса непосредственного обнаружения служб на Web-сайтах, отсутствующих в реестрах UDDI.

Стандарт WS-Inspection обмена информацией об услугах, предоставляемых друг другу web-службами, инициирован в первую очередь требованиями обработки информации международных баз данных для предприятий электронной коммерции [50—52].

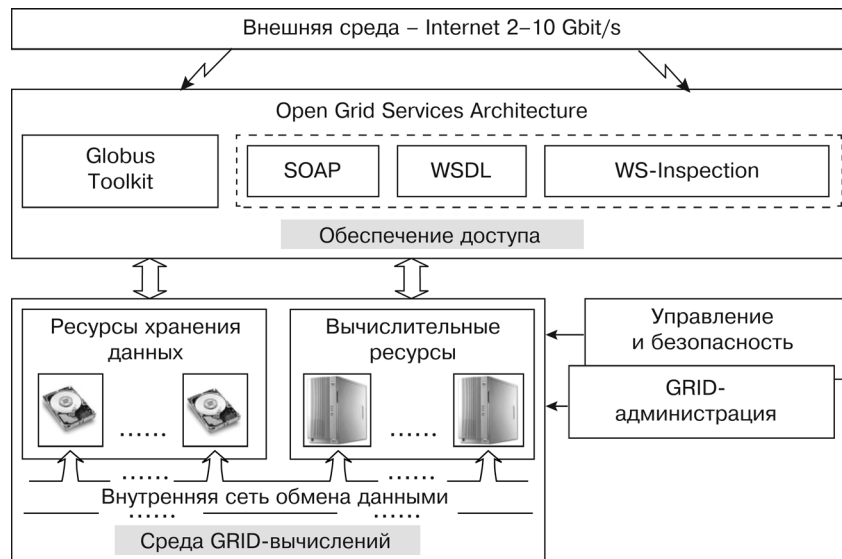


Рис. 7. Grid-кластер

ресурсы, сделать их динамичными и однородными. Таким образом, создана «виртуальная организация», ресурсы которой, переведенные в логическую форму, могут потребляться членами только этой организации. Эти ресурсы находятся под управлением администрации Grid, в результате чего создается распределенный пул ресурсов. Пользователь получает необходимые ему, возможно, очень большие по объему ресурсы, за которые он расплачивается по мере их использования.

### 2.3.1. Cloud Computing, или распределенный ИТ-ресурс как услуга

Новая парадигма (именно парадигма, поскольку «вычислений в облаке» в материальном воплощении не существует) компьютерных систем Cloud Computing<sup>18</sup> предлагает оперировать не терминами конкретных компьютеров, а понятием услуга, т. е. инфраструктура, платформа и программное обеспечение. Cloud Computing — это такая же метафора, как и другие названия моделей организации вычислений, например:

<sup>18</sup> Термин cloud computing (cloud — облако) был выведен Э. Шмидтом в 2007 г. [2].

- Cluster Computing. Объединение физических вычислительных узлов, находящихся в одном административном домене, в единый логический компьютер средствами локальных сетей с высокой пропускной способностью;
- Grid Computing. Объединение физических вычислительных узлов, находящихся в разных административных доменах, в единый логический компьютер средствами глобальных коммуникационных технологий;
- Utility Computing. Развитие идеи разделения ресурсов. Прежде предметом распределения служили время и другие ресурсы компьютера, а в настоящее время его распространили на множество распределенных в сети компьютеров;
- Distributed Computing. Выполнение разных частей программы одновременно на двух (или более) компьютерах, взаимодействующих между собой по сети.

По мнению авторов данной монографии, целесообразно употребить словосочетание «распределенный компьютеринг» или «распределенный вычислительный ресурс», точнее, «ИТ-ресурс» вместо «облачный компьютеринг» как наиболее соответствующий смысловому значению понятия: предоставляющий по требованию услуги распределенной самоуправляемой компьютерной среды. Однако этот многовариантный термин — «облако», «вычислительное облако», «вычисления в облаке», «облачный компьютеринг», «облачный сервис» и т.п. — уже прочно вошел в обиход.

Непременное условие существования этой среды — виртуализация<sup>19</sup> — одна из двух компонент парадигмы. Другую компоненту составляют технологии (SOA и web-службы), позволяющие создавать приложения, распространяемые по модели SaaS в виде прикладных услуг по требованию, а также предоставлять в виде услуг по требованию платформу PaaS, необходимую для работы этих приложений, и инфраструктуру IaaS [1, 2].

В рамках инфраструктуры распределенной компьютерной среды физические ресурсы заключены в масштабируемые специализированные пулы, сконфигурированные для динамического предоставления и переналадки по требованию в режиме

---

<sup>19</sup> Виртуализацией в ИТ называют процесс изоляции компьютерных ресурсов друг от друга, позволяющий уменьшить зависимости между ними [54]; в результате создается пул ресурсов (серверов, систем хранения, ПО и др.) для их автоматического распределения и совместного использования. Виртуализация приводит к сокращению количества оборудования за счет увеличения коэффициента эффективности его использования.

реального времени. Все операционные элементы, включая базовые приложения, контент и все уровни ресурсов, абстрагированы один от другого. Устранение явных зависимостей между ресурсами и приложениями упрощает управление, а поскольку среда в целом характеризуется высокой гибкостью и надежностью, она способна развиваться с появлением новых технологий, что позволяет минимизировать негативное влияние жестких привязок и изолированных мощностей, проявляющееся при изменении инфраструктуры [53].

Распределенный компьютеринг возможен при хорошо организованной и высоконадежной сетевой инфраструктуре, обеспечивающей качество обслуживания корпоративного уровня. Это должна быть высшая фаза распределенных компьютерных систем. Только тогда ее можно воспринимать как некий сверхкомпьютер, точнее, сеть, рассматриваемую как единый компьютер. Такая сеть будет включать в себя различные серверы и системы хранения. Ресурсы сети должны быть виртуализованы, что обеспечит динамическое масштабирование и избавит пользователей от привязанности к определенным физическим серверам. Подобный подход освободит тех, кто развертывает какое-то ПО, от необходимости прогнозировать, как и на каком физическом оборудовании оно будет работать. Доступ к ресурсам, разделяемым по запросу, осуществляется через Internet (рис. 8). Взаимоотношения между провайдером услуг и потребителем (клиентом), в том числе и финансовые, регламентируются новой бизнес-моделью — моделью разработки и использования ИТ-услуг.

Среда распределенного компьютеринга должна обладать:

- сервисной моделью, определяющей тип и характеристики услуг, предоставляемых распределенным компьютерингом потребителю;
- высокой автоматизацией процесса предоставления услуг по запросу потребителя и возможностью самообслуживания потребителя в рамках предоставляемых услуг;
- возможностью динамического масштабирования объема предоставляемой услуги, например увеличения количества процессорной мощности, предоставляемой потребителю для обработки пиковых нагрузок;
- эластичностью и разделяемостью, т.е. способностью перераспределять имеющиеся ресурсы между потребителями и предоставлять возможность прозрачного для потребителей расширения пула доступных ресурсов;
- возможностью учета потребления ресурсов [55].

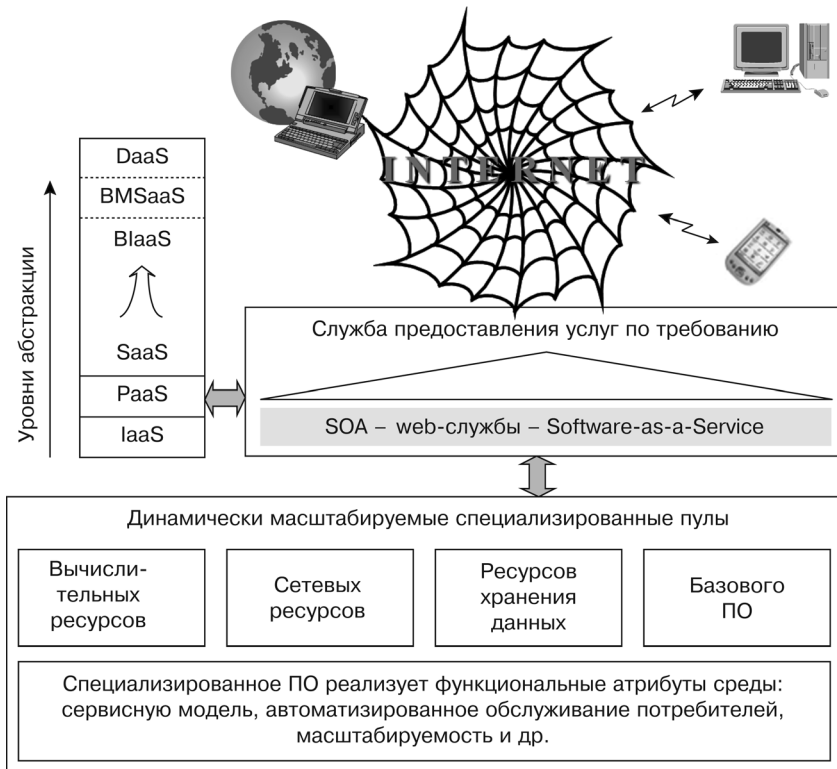


Рис. 8. Распределенная самоуправляемая компьютерная среда как услуга

Распределенный компьютеринг может быть частным (закрытым) или общедоступным (публичным) [53, 55]. Частный — когда модель вычислений в среде распределенного компьютеринга реализуется на ресурсах, которыми располагает организация для обслуживания внутренних потребностей, т.е. эксклюзивное использование ресурсов данным предприятием. При этом серверы, рабочие станции, устройства хранения, сети, базовая программная инфраструктура интегрируются в частную компьютерную среду с помощью специализированного программного обеспечения, позволяющего реализовать функциональные атрибуты среды: сервисную модель, автоматизированное обслуживание потребителей, масштабируемость и др. Сервисная модель частной среды распределенного компьютеринга определяется внутренними потребителями среды и тем, какие ИТ-услуги им требуются.

При этом внутри организации открываются такие возможности:

- в результате автоматизации накладные расходы на оказание ИТ-сервиса резко падают, уменьшается время ожидания предоставления ресурсов;

- частная среда распределенного компьютеринга способствует эффективному распределению ресурсов внутри организации что позволяет, динамически перераспределять нагрузку между физическими системами ЦОД;

- появляется возможность отслеживать реальное потребление ИТ-ресурсов внутри компании и распределять затраты на поддержку и расширение базовой инфраструктуры между потребителями на основе бизнес-ценности.

Любой закрытый ЦОД, принадлежащий крупному предприятию, может быть назван закрытым распределенным компьютерингом, если он использует преимущества модели унифицированных ресурсов, которая благодаря виртуализации позволяет интерпретировать процессорные мощности, хранилища и сетевые каналы как пул гомогенных ресурсов.

При переносе нагрузок в общедоступную (публичную) среду распределенного компьютеринга появляется возможность гибкого распределения вложений на ИТ-обслуживание предприятия между капитальными, направленными на расширение собственной вычислительной среды для поддержки постоянных критических услуг, и операционными, направляемыми на оплату ресурсов публичной вычислительной среды, используемой для размещения временных или других специфических нагрузок [55].

Возможно также объединение обеих моделей компьютеринга в «гибридную среду», но общая тенденция [53] сводится к тому, что в результате останется лишь публичная среда распределенного компьютеринга. В любом случае все ИТ-решения будут предоставляться по сервисной модели.

Примером общедоступной среды распределенного компьютеринга служит платформа Windows Azure для предприятий [56]. Для всех потребностей компании в ПО модель SaaS выглядит естественно. Это — бизнес-модель доставки ПО, по которой приложение размещается у провайдера или третьей стороны и становится доступным клиентам по подписке. Клиенты SaaS используют выполняемое в инфраструктуре провайдера ПО на основе оплаты текущих расходов. Эта инфраструктура и конфигурация ПО невидимы пользователям, следовательно, клиенты должны довольствоваться только предлагаемой функциональностью. SaaS



построена на многопользовательской архитектуре, и контексты пользователей всегда логически отделяются один от другого.

Однако каждая компания имеет уникальную ИТ-среду, где могут использоваться различные технологии — от устаревших до специфических для конкретной области. Найти SaaS-услугу, удовлетворяющую потребностям специфической области, например бизнеса, зачастую невозможно, поэтому компаниям все равно приходится заниматься разработкой своих приложений. Platform as-a-Service как раз и соответствует потребностям компаний, желающих создавать и выполнять собственные приложения как услуги. К таким компаниям относятся независимые поставщики ПО (ISV), провайдеры сервисов, корпоративные ЦОД и все, кому необходимы собственные приложения. В случае PaaS предлагаются серверы приложений с почти бесконечной масштабируемостью благодаря огромному пулу ресурсов, а также необходимые вспомогательные услуги, в том числе защита, хранилища, инфраструктура интеграции и средства разработки полной платформы.

Провайдер услуг предлагает предварительно сконфигурированную, виртуализованную среду серверов приложений, в которой могут развертывать свои приложения отделы разработок предприятий. Так как провайдеры сервисов управляют оборудованием (взяв на себя его модернизацию, поддержку и др.), а также гарантируют минимальные простои серверов приложений, участие ИТ-специалистов предприятия сводится к минимуму. Разработчики создают приложения и помечают их дескрипторами ресурсов. При развертывании соответствующий механизм связывает с таким приложением необходимые инфраструктурные возможности, объявленные в его дескрипторах. Ресурсы могут включать в себя сетевые конечные точки, балансировщики нагрузки, процессорные ядра, память и зависимое ПО. Масштабирование по запросу в сочетании с управлением оборудованием и серверами приложений освобождает разработчиков от необходимости заботиться об инфраструктуре и позволяет им сосредоточиться на создании приложений. PaaS, как правило, подходит для совершенно новых приложений, так как для устаревших зачастую требуется обширная переработка для соответствия правилам выполнения в изолированных программных средах.

Для примера приведем решение Майкрософт [55] для частной среды (Hyper-V Cloud) сервисной модели IaaS предоставления инфраструктуры как услуги. При такой модели предполагается,

что потребитель формулирует запрос к среде распределенного компьютеринга в терминах необходимых ему вычислительных ресурсов: количества процессоров, оперативной памяти, дискового пространства, сетевых коммуникаций, базового ПО. Самообслуживание в рамках такого сервиса предполагает возможность самостоятельного создания нужной инфраструктуры для бизнес-приложения в виде виртуальных машин, установки и настройки прикладного ПО. При этом среда распределенного компьютеринга имеет механизм обеспечения доступности предоставленной инфраструктуры и способы учета потребления. Основа такого решения — серверная виртуализация на базе гипервизора Hyper-V, позволяющая с помощью виртуальных машин отделить нагрузки от физического оборудования и предоставляющая необходимую гибкость для выделения ресурсов, динамического перераспределения нагрузок, обеспечения высокой доступности. Важнейшая роль принадлежит инструментам управления System Center, позволяющим реализовать автоматизацию предоставления инфраструктурного сервиса.

Компания NetApp продемонстрировала [11] свое решение относительно эффективности и безопасности использования ресурсов хранения в средах распределенного компьютеринга. ПО NetApp® MultiStore® позволяет быстро создавать отдельные разделы и скрытые логические разделы в единой СХД. Все разделы виртуальной СХД отделены один от другого, что дает возможность нескольким пользователям совместно использовать один и тот же ресурс хранения без ущерба для конфиденциальности и безопасности данных.

Тома данных постоянно приходится изменять, перемещать и удалять. NetApp® Data Motion обеспечивает непрерывную мобильность данных. Миграция данных осуществляется в реальном времени без плановых простоев. Повышение эффективности СХД достигается в результате использования технологий виртуализации, дедупликации и гибкого выделения ресурсов, что позволяет сократить потребность в дисковом пространстве на 80 %.

NetApp предлагает полностью интегрированную комплексную систему защиты данных и восстановления после сбоев на основе уникальных технологий, переносящих задачу обеспечения безопасности данных с сервера на систему хранения. В результате чего обеспечивается последовательная защита данных в инфраструктуре распределенного компьютеринга.

Компания Oracle распространяет по модели SaaS бизнес-приложение CRM on Demand. В настоящее время проводится работа над 20—30 продуктами, предназначенными для продажи в форме SaaS [57].

В системах с большим количеством массивов данных, клиентов, пользователей и приложений добиться удобства администрирования ресурсов хранения, а также высокого уровня надежности системы и непротиворечивости данных можно только автоматизированным управлением СХД. Не менее важен мониторинг в режиме реального времени имеющегося дискового пространства, показателей производительности системы и соответствия политикам в неоднородной среде хранения.

Таким образом, переход к средам распределенного компьютеринга предполагает разработку и продвижение технологий, распространяемых в виде прикладных услуг по требованию (SaaS, PaaS и др.), как в ЦОД заказчиков через построение частных сред, так и в ЦОД сервис-провайдеров, предоставляющих услуги публичных размещенных сред. ЦОД, способные работать в условиях распределенного компьютеринга, должны не только гарантированно обеспечивать время безотказной работы, требуемый уровень безопасности и необходимое качество обслуживания, но и динамически предоставлять ресурсы. Такие ЦОД похожи на фабрики, в которых приложения и сервисы соответствуют целевому назначению центра по «производству» конкретного спектра ИТ-услуг.

Появление и быстрое развитие распределенного компьютеринга обусловлено необходимостью при минимуме затрат создавать решения с неограниченными возможностями масштабирования [26]. Бизнес-модель SaaS позволяет сохранять инвестиции: приложения самостоятельно существуют в распределенной компьютерной среде до момента их востребования потребителями. При этом пользователи экономят на инфраструктуре, так как нет необходимости заботиться о приложениях, расходовать средства на информационную безопасность и поддержку требований различных регламентирующих нормативов, потенциально получая доступ к теоретически неограниченным по масштабам вычислительным ресурсам, заведомо превышающим самую крупную сетевую корпоративную ИТ-конфигурацию. Иными словами, для предоставления более экономичного масштабируемого решения и избавления пользователя от необходимости работать исключительно на собственном оборудовании мощности в распределенной компьютерной среде аккумулируются.

**2.3.1.1. «Облачные вычисления». Определение.  
Характеристики**

Национальный институт стандартов и технологий США (NIST) опубликовал определение понятия «облачные вычисления» и дал соответствующие рекомендации по их использованию [58—60]. Это и есть модель обеспечения удобного повсеместного сетевого доступа по требованию к совместно используемому пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, сетей, серверов, систем хранения, приложений и сервисов), которые можно быстро предоставить и освободить, приложив минимум административных усилий и исключив необходимость взаимодействия с провайдером услуг (сервис-провайдером).

Основные характеристики модели облачных вычислений (Essential Characteristics):

- самообслуживание по требованию (on-demand self-service) — потребитель может самостоятельно обеспечивать себя вычислительными возможностями (средствами и ресурсами), такими как серверное время и сетевые хранилища, по мере необходимости запрашивая их у сервис-провайдера в одностороннем автоматическом режиме, без необходимости взаимодействия с ИТ-персоналом;

- свободный сетевой доступ (broad network access) — запрашиваемые услуги доступны по сети через стандартные механизмы, поддерживающие использование гетерогенных платформ тонких и толстых клиентов (например, мобильных телефонов, планшетов, ноутбуков и рабочих станций);

- пул ресурсов (resource pooling) — вычислительные ресурсы провайдера организованы в виде пула для обслуживания разных потребителей в модели множественной аренды<sup>20</sup> (multi-tenant)

---

<sup>20</sup> Multi-tenant model — модель множественной аренды — предполагает, что один экземпляр ПО, исполняемый на платформе сервис-провайдера, используется для параллельного обслуживания многих заказчиков. С точки зрения конечного пользователя, нет признаков того, что приложение разделено между несколькими арендаторами. Каждый пользователь конфигурирует приложение «под себя», используя сервис метаданных. Авторизация и политика безопасности обеспечивают обособленность пользовательских данных. Архитектурный принцип multi-tenancy, поддерживает совместное использование ресурсов (вычислительных мощностей, систем хранения, сетевого оборудования и программного обеспечения), поддерживаемых провайдером [61].

[61] с возможностью динамического назначения и переназначения различных физических и виртуальных ресурсов в соответствии с потребностями клиентов. Особое значение имеет независимость размещения ресурсов, при котором заказчик, в общем случае, не контролирует физическое местоположение предоставляемых ресурсов, но может специфицировать их расположение на более высоком уровне абстракции (например, страна, штат или центр обработки данных). Такими ресурсами являются системы хранения, вычислительные возможности, память, пропускная способность сети и др.;

- оперативная эластичность (rapid elasticity) — вычислительные ресурсы могут быть быстро изменены как в сторону увеличения (scale out), так и уменьшения (scale in), т. е. динамически масштабируются<sup>21</sup> в зависимости от потребления. Для потребителя эти ресурсы часто представляются в виде теоретически бесконечного пула (как доступные в неограниченном объеме), из которого можно потреблять ресурсы по мере необходимости и отдавать их, когда необходимость отпадет;

- измеряемое обслуживание (measured service) — проводят автоматический контроль и оптимизацию использования ресурса. Измеряют его на определенном уровне абстракции, соответствующем типу услуги для конечного потребителя (например, объем хранения, вычислительная мощность, полоса пропускания активные учетные записи пользователей). Использование ресурсов может подвергаться мониторингу, быть контролируемым и сопровождаться отчетностью. Таким образом, обеспечивается прозрачность потребления для провайдера и потребителя услуг.

*Сервисная модель<sup>22</sup> или бизнес-модель разработки и использования ИТ-услуг (Service models):*

- программное обеспечение как услуга — software-as-a-service (SaaS): потребителю предоставляются программные средства — приложения сервис-провайдера, выполняемые на облачной ин-

---

<sup>21</sup> В зависимости от классов приложений применяют вертикальное масштабирование (scale up) и горизонтальное (scale out). Масштабирование вверх (например, в рамках одной SMP-системы) требует изменения количества процессоров, каналов ввода/вывода, объема памяти; масштабирование вширь реализуют подключением дополнительных серверов или созданием кластеров.

<sup>22</sup> Сервисная модель определяет тип и характеристики услуг, предоставляемых потребителю.

фраструктуре<sup>23</sup>. Приложения доступны с различных клиентских устройств, в том числе через любой тонкий клиент, такой как браузер (например, электронная почта с web-интерфейсом);

- платформа как услуга — cloud platform-as-a-service (PaaS): потребителю предоставляются средства для развертывания на облачной инфраструктуре создаваемых им или приобретаемых приложений, разрабатываемых с использованием поддерживаемых провайдером инструментов и языков программирования, библиотек и сервисов. Потребитель не управляет основной облачной инфраструктурой, включающей сети, сервера, системы хранения данных и ОС, но имеет контроль над развернутыми приложениями и возможность конфигурировать настройки среды, в которой размещено приложение;

- инфраструктура как услуга — infrastructure-as-a-service (IaaS): потребителю предоставляются средства обработки и хранения данных, сетей и других базовых вычислительных ресурсов, используя которые, он может развертывать и выполнять произвольное ПО, включая операционные системы и приложения, а также контролировать ОС, средства хранения, развертываемые приложения и, возможно, иметь ограниченный контроль над выбранными сетевыми компонентами (например, сетевым экраном управляемого им хоста).

*Модели развертывания (Deployment Models):*

- частное облако (private cloud) обеспечивает исключительное использование единственной организацией, включающей в себя разных пользователей (бизнес-единицы). Инфраструктура может существовать как на стороне потребителя, так и у внешнего провайдера. Она может находиться в собственности, быть под контролем и управлением самой организации или третьей стороны, а также их комбинации;

- общественное облако (community cloud) обеспечивает использование ограниченным сообществом потребителей из орга-

---

<sup>23</sup> Под облачной инфраструктурой понимают аппаратное и программное обеспечение, которое соответствует приведенным выше характеристикам модели облачных вычислений (Essential characteristics). Облачную инфраструктуру можно рассматривать как двухуровневую: физический уровень и уровень абстракции. Физический уровень — аппаратные ресурсы, необходимые для поддержки предоставляемых облачных услуг (сервера, системы хранения данных и сетевые компоненты). Уровень абстракции — программное обеспечение, развернутое на физическом уровне. Концептуально уровень абстракции находится выше физического уровня [62].

низаций, имеющих общие интересы (например, целевая задача, единые требования к политике безопасности, соответствие неким нормативным документам). Такая облачная инфраструктура может находиться в собственности, контролироваться одной или рядом организаций в сообществе, третьей стороной или их комбинацией, и может существовать как на стороне потребителя, так и у внешнего провайдера;

- публичное облако (public cloud) предоставляет возможность для открытого использования общественностью. Облако может быть во владении, контролироваться, управляться бизнес-, научной-, правительственной организацией или их комбинацией;

- гибридное облако (hybrid cloud) образует композицию из двух и более облаков (частных, публичных или общественных), остающихся уникальными по своей сущности, но объединенными стандартизированными или проприетарными<sup>24</sup> технологиями, обеспечивающими переносимость (portability) данных и приложений между облаками (например, пакетная передача данных для балансировки нагрузки между облаками) [59].

Частное облако может быть размещено централизованно (локальное) или может быть распределено по нескольким территориально разнесенным площадкам организации. Рис. 9 иллюстрирует локальное частное облако [59]. Как видно из рисунка, инфраструктура облака и ресурсы потребителя располагаются внутри собственного периметра безопасности. В частном облаке применимы все существующие в организации меры защиты данных и приложений. Перенос приложений, баз данных и систем хранения в частное облако не уменьшает защищенности данных, что является преимуществом частного облака перед другими моделями развертывания, поскольку важнейшей проблемой перехода на «облачные» системы чаще всего называют информационную безопасность и защиту личных данных [65, 66].

---

<sup>24</sup> NIST не дает комментариев, как эта рекомендация соотносится с нежеланием влиятельных структур мириться с растущими расходами на поддержание существующей ИТ-инфраструктуры, вызванными использованием закрытых программно-аппаратных технологических решений, и их намерениями применить открытые платформы [63]. Компания Oracle Software [64] также выражает уверенность, что проприетарные технологии со временем уйдут с рынка и все будет базироваться на открытых и доступных стандартах.

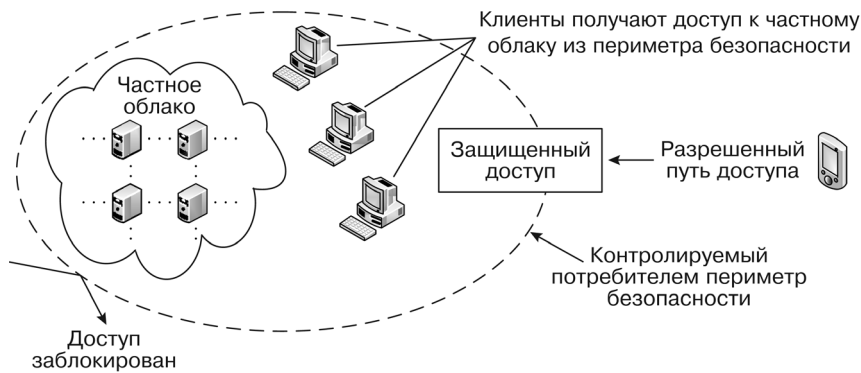


Рис. 9. Локальное частное облако

Аппаратная платформа частного облака создается либо заново, либо из компьютерного оборудования (серверов приложений и баз данных, систем хранения), уже существующего в рамках организации. В последнем случае облачные системы разделяют ресурсы оборудования с другими, не облачными, пользователями. Этот подход имеет преимущество, что облачные сервисы могут быть доступны на экспериментальной основе, без больших аппаратных инвестиций. Однако ресурсы облака для такой конфигурации будут ограничены ранее избыточными ресурсами в инфраструктуре организации. Дополнительные ограничения могут быть обусловлены тем, что аппаратные ресурсы должны быть включены в локальное частное облако оттуда, откуда они были развернуты в инфраструктуре организации, т.е. через сеть, вместо того, чтобы быть сосредоточенными в локальном облаке и использоваться более эффективно. Кроме того, имеющиеся аппаратные средства могут быть неоднородными, что приведет к определенным сложностям в управлении.

Локальному частному облаку присуща также ограниченность ресурсов: в любой момент времени оно имеет фиксированную вычислительную мощность и объем памяти, которые должны соответствовать ожидаемой нагрузке. Если организация велика и поддерживает достаточное разнообразие нагрузок, то локальное частное облако, вероятно, в состоянии обеспечить эластичность для клиентов организации. Небольшие локальные частные облака имеют максимальные пределы мощности, аналогичные традиционным центрам обработки данных [59].



Для перехода от организации программно-аппаратного комплекса к предоставляемым комплексом услугам ИТ-ресурса необходимо установить на серверном оборудовании специальное ПО для построения и управления облаком, так называемое облачное ПО [59]. Это, прежде всего, ПО виртуализации (серверов, систем хранения данных, сетевых ресурсов, ОС и приложений) и управления виртуальной инфраструктурой. Они осуществляют процесс перераспределения ресурсов за счет их динамического и эластичного масштабирования. Централизованное управление технологическим стеком облака (от оборудования до приложений) также предоставляет средства миграции с физических машин на виртуальные, балансировки нагрузки между компонентами системы, механизмы обеспечения доступности предоставляемой инфраструктуры, мониторинг производительности и др.

В облачной модели экономия, достигаемая за счет эффективного использования разделяемого пула вычислительных ресурсов, позволяет организации иметь меньше аппаратных ресурсов<sup>25</sup> при более высокой надежности и отказоустойчивости такой системы. Быстрое восстановление операционных сред — создание копий виртуальных машин и их восстановление из резервных — занимает значительно меньше времени. Резервная копия виртуального сервера может быть сразу запущена на другом физическом сервере, что обеспечивает высокую надежность и доступность ресурса в целом.

Оптимизация достигается и за счет централизованного администрирования: качество управления повышается, а число администраторов баз данных, сетевых и системных администраторов уменьшается. Экономия получают в результате снижения стоимости эксплуатации ИТ-инфраструктуры и более полного удовлетворения потребностей подразделений организации в сервисах. Происходит переформатирование ИТ-специалистов организации во внутреннее сервисное подразделение с возможностью оперирования ключевыми показателями его деятельности [68].

Однако у организации остается потребность в традиционных ИТ-навыках, необходимых для управления пользовательскими

---

<sup>25</sup> По статистике большинство серверов при выполнении ими повседневных задач загружены на 15—20 %. Использование нескольких виртуальных серверов на одном физическом позволяет повысить его загруженность до 80 %, в результате чего, увеличивается коэффициент его использования и при этом обеспечивается существенная экономия на приобретении аппаратного обеспечения [67].

устройствами, с которых обращаются к частному облаку. Также требуются познания облачных ИТ-технологий и специфики работы в облаках. В начале развертывания локального частного облака организации потребители, возможно, пожелают сохранить на период испытаний параллельно облачные и необлачные операции. Во время любого такого периода испытания требуются традиционные ИТ-навыки. Даже после испытательного срока традиционные ИТ-специалисты будут необходимы (возможно, в меньшей мере), чтобы управлять наследием лицензионных соглашений, специальными требованиями к оборудованию или системе, уникальными потребностями в области безопасности для специальных проектов, а также наследием инвестиций в оборудование и обучение.

Кроме того, возможно, понадобятся новые навыки для работы в облаке. Например, организации, которая выполняет ресурсоемкую работу, в конечном итоге может потребоваться реорганизация этой работы для ее выполнения с помощью более высокого уровня параллелизма на ресурсах облака. Организация, которая обрабатывает большие наборы данных (large data sets), в облаке должна развивать навыки работы с базируемым на облаке хранением данных [59].

Развертывание частного облака возможно и на платформе разных производителей, предлагающих законченные решения частных облаков [68—73]. Тот факт, что известные лидирующие корпорации и компании на рынке ИТ (Microsoft, Oracle (см. табл. 2), VMware и др.) создали масштабные решения частного облака, лишь свидетельствует о том, что опасения директоров предприятий, ИТ-руководителей относительно передачи своих данных в какую-либо иную структуру, а также о том, что ни один институт не отдаст в общий пул свои ресурсы, небезосновательны. Основные решения [73]:

- среда разработки и автоматизации процессов управления виртуальной инфраструктурой (Orchestrator), или средства контроля и управления жизненным циклом облака организации. Включает централизованное управление технологиями виртуализации, реализацию самообслуживания и динамического распределения ресурсов, а также инструментарий планирования структуры облака и вариантов консолидации приложений, миграции, клонирования виртуальных машин, создания их шаблонов и т.п. вплоть до мониторинга и оптимизации использования ресурсов, тарификации и биллинга услуг;

Таблица 2. Реализация пяти основных характеристик облачной модели ИТ-услуг у Oracle [73]

Характеристика	Реализация
Самообслуживание по требованию	Oracle Enterprise Manager 12c, Oracle WebCenter, Oracle VM Manager API
Оперативная эластичность	Oracle PVM, RAC, WLS
Расчет стоимости услуги	Oracle Enterprise Manager 12c, Oracle BRM
Широкий сетевой доступ	TCP/IP, Web Protocols, VPN Oracle Secure Global Desktop
Пул ресурсов	Oracle Clusterware, Oracle VM, Oracle Grid, Oracle Solaris

- портал самообслуживания, который обеспечивает доступ к ресурсам облачных вычислений пользователей и разработчиков приложений. Потребители ресурсов могут его использовать для заказа и мониторинга услуг из центрального каталога, для получения информации о платежах за их использование.

Выбор платформы зависит от сервисной модели ИТ-услуг, приоритетов задач организации и специфики их решения в облаке. Для ИТ-руководителя, помимо платформы, важно знать: каталог ИТ-услуг, наличие портала самообслуживания, с которого пользователь может самостоятельно через браузер запросить оборудование с требуемыми параметрами встроенной аналитики, инструментария управления виртуальной платформой и средств интеграции устанавливаемых приложений, встроенного хранилища файлов для упрощения обмена информацией и др.

Безусловно, это дорогостоящие решения, но они позволяют оценить соответствие потребностям организации и увидеть те проблемы по доработке облака, которые могут возникать при упрощенных подходах к его созданию. Есть и иное решение — отдать на аутсорсинг частное облако. На рис. 10 показано внешнее частное облако, переданное на аутсорсинг облачному провайдеру. Аутсорсинг позволяет организации-заказчику сократить издержки и значительно снизить трудоемкость и затраты на эксплуатацию ИТ-систем, сконцентрироваться на своих основных задачах, не отвлекаясь на вспомогательные, несвойственные ему. В отличие от частного облака с заранее определенными вычислительными ресурсами в случае аутсорсинга частного облака клиент может арендовать ресурсы в любом предлагаемом провайдером количестве. Эластичность вычислительных ресурсов для потребителя зависит от величины облака провайдера.

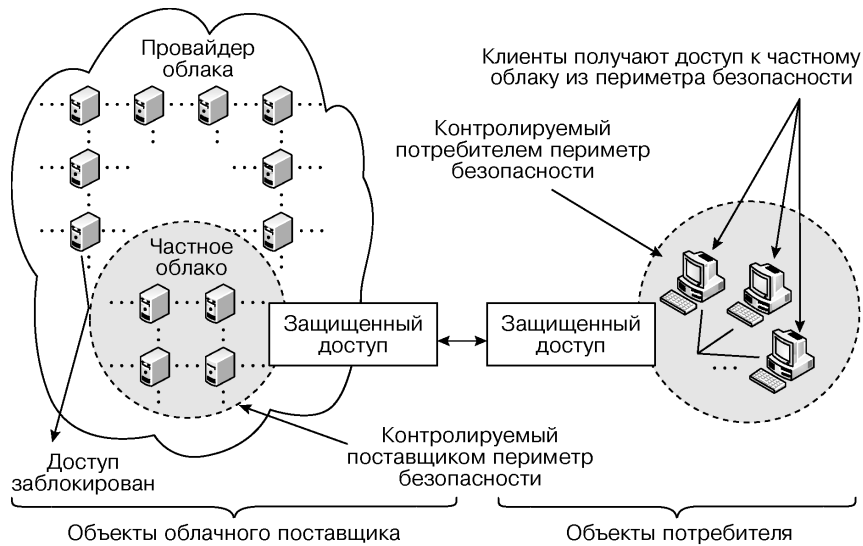


Рис. 10. Частное облако, переданное на аутсорсинг облачному провайдеру

И еще один вопрос, которого мы хотели бы коснуться в рамках этого материала: есть ли принципиальные различия между частным и публичным облаками. Возможно, это низкая стоимость услуг, достигаемая за счет стандартизации и унификации решений в публичном облаке, что неприемлемо для частного облака, поскольку ряд услуг/сервисов уникален для конкретной организации и принятые в ней технологии и решения обеспечивают нужный результат. Например, в ИТ-индустрии наблюдается четкая тенденция на применение двух классов приложений: масштабируемых вертикально (scale up) и горизонтально (scale out) [74]. Инфраструктурой поддержки тех или иных приложений нужно управлять, но это принципиально различные воздействия. Как следствие, в некоторых реализациях не могут одинаково хорошо поддерживаться эти два типа приложений, некоторые производители предлагают специализированные решения, но экономически они неэффективны — нужна унификация [74].

Кроме того, в публичных облаках могут реализовываться аппаратно-программные решения. Такие решения наиболее функциональны и гибки, но, как правило, достаточно дорогие [68]. Воплощать или приобретать такой инструмент, как рас-

смотренный, например, в работах [72, 73], экономически целесообразно только для крупных компаний. Пожалуй, только публичное облако экономически способно на должном уровне обеспечить эластичность ИТ-инфраструктуры, ее проактивность и тесную интеграцию с бизнес-процессами компании, а также решить вопросы обеспечения информационной безопасности, соблюдения политик, требуемых для того или иного вида услуг [68].

### 2.3.1.2. Категории или уровни абстракции услуг

Инфраструктура как услуга IaaS, — по сути, это предоставление сетевой инфраструктуры, памяти и процессорной мощности, абстрагирует пользователя от аппаратных ресурсов. Потребитель получает в свое распоряжение инфраструктуру, обслуживаемую поставщиком услуг. В простейшем случае это ресурсы физических или виртуальных серверов, предоставляемые провайдером. Более развитые решения [55] предоставления инфраструктуры как услуги по модели IaaS предполагают, что потребитель формулирует свой запрос к вычислительной среде в терминах необходимых ему ресурсов: количества процессоров, оперативной памяти, дискового пространства, сетевых коммуникаций и базового ПО.

Преимущества IaaS очевидны. Так, возможность получения в минимальные сроки готовой инфраструктуры независимо от территориального расположения является сегодня одним из наиболее востребованных типов услуг. Кроме того, в случае использования IaaS компания более мобильна и менее зависима от поставщика услуги, поскольку сама управляет форматами данных, которые отделены от данных других потребителей. Потребление сервиса IaaS оставляет за организацией право на владение собственными бизнес-приложениями и предлагает большие возможности по интеграции получаемых услуг в корпоративную среду [55].

Так, Hewlett-Packard (HP) предложила клиентам новые системы хранения для центров обработки данных (ЦОД) на основе модели IaaS. Для эффективной работы таких приложений потребовалось объединить разрозненные инфраструктуры хранения так, чтобы они функционировали как единое целое и могли рассматриваться как многопользовательская система хранения. Эта концепция получила название *федерированные*<sup>26</sup> *системы хране-*

---

<sup>26</sup> Федеративное (federative) представление данных (гибкая модель данных) позволяет работать с различными СУБД, интегрировать существующие БД без затрат времени и средств на создание общей БД [22].

ния данных (СХД). Механизмы федерирования, встроенные в решения HP Converged Storage, способны работать в условиях динамичной и трудно предсказуемой нагрузки многопользовательских сред. Они помогают снизить расходы, упростить администрирование и обеспечить требуемый уровень обслуживания в ЦОД. Традиционные системы хранения данных, спроектированные в 1990-х годах, не рассчитаны на динамические среды IaaS. Это приводит к необходимости применения дорогостоящих и не всегда эффективных методов виртуализации [75, 76].

Кроме того, новые СХД включают в себя улучшенную технологию эффективного использования дискового пространства Thin Provisioning и автономный механизм балансировки нагрузки, который обеспечивает гибкость перераспределения ресурсов СХД в зависимости от потребностей бизнес-приложений [75, 76]. Так, IBM SmartCloud Enterprise — это вычислительная среда с технологией Agile, предоставляемая как инфраструктура в виде услуги IaaS и предназначенная для доступа к виртуальным серверным средам корпоративного класса с широким набором функций защиты. Используется для задач разработки и тестирования приложений с динамической нагрузкой. Предоставляет широкий набор услуг корпоративного уровня и ПО (пакетная обработка, анализ данных, создание и хостинг Web-сайтов и др.), настроенное на запросы предприятий любого масштаба, в том числе средних и крупных [77].

*Платформа как услуга — PaaS.* Компания может иметь уникальную ИТ-среду, где используются различные технологии — от устаревших до специфических для конкретной области. Найти SaaS-услугу, удовлетворяющую потребностям специфической области, зачастую невозможно, поэтому компаниям приходится заниматься разработкой своих приложений. Разработчик бизнес-приложения, установив на инфраструктуру совместимую ОС и ее API и попытавшись использовать для этих целей решение IaaS, столкнется с рядом трудностей. Это может быть как отсутствие необходимых компонент (например, СУБД, СХД), так и удобных средств разработки и интеграции приложений, поддерживаемых языков программирования и др. Отсутствие в рамках IaaS дополнительных услуг/сервисов для создания приложений приводит к необходимости разрабатывать их самостоятельно под конкретный проект. В большинстве случаев самостоятельная разработка требует больше усилий.

Платформа как услуга PaaS предназначена для разработки, тестирования и развертывания приложений (рис. 11). Создатели

### 2.3. Технологии предоставления услуг

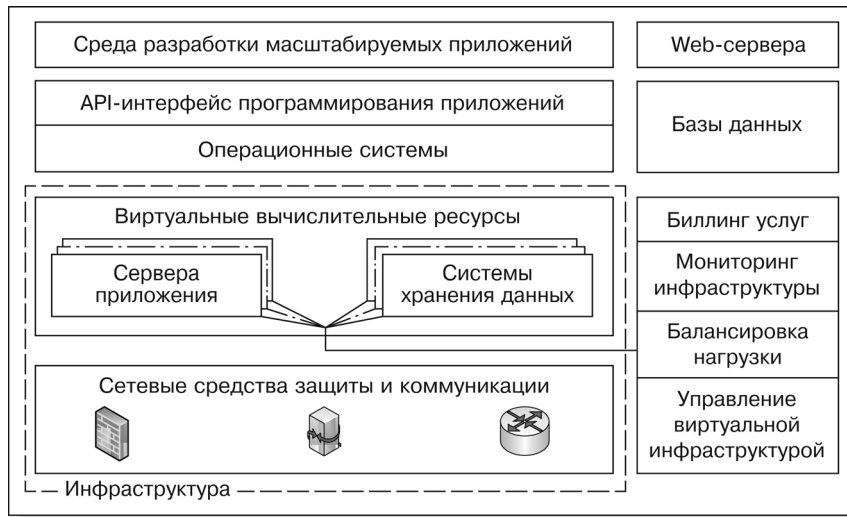


Рис. 11. Платформа как услуга PaaS

PaaS предоставляют разработчикам готовую платформу, состоящую из виртуальных серверов, ОС, специализированных приложений и СХД. Разработчики программного продукта (ПП) получают среду для написания приложений, а провайдер организует хостинг<sup>27</sup> этого ПП, его масштабирование и дает возможность продавать размещенные на своих ресурсах приложения конечным пользователям. В концепции PaaS все этапы, включая разработку, тестирование, развертывание, хостинг и поддержку, могут быть реализованы в одной и той же среде.

*Виртуализация.* Благодаря виртуализации [54, 67] и возможности ею автоматически управлять достигнуто динамическое масштабирование физических ресурсов. Параметры виртуального сервера (виртуальной машины — VM) можно задавать или изменять как вручную, так и автоматически. Создание виртуальной машины, включающей в себя обособленную виртуальную аппаратно-программную среду, позволяет на одной физической платформе устанавливать и одновременно запускать разные ОС или несколько экземпляров одной ОС. Во-первых, это отделяет

<sup>27</sup> Хостинг — услуга размещения ПП на сервере провайдера, обеспечение его работоспособности в заданной функциональности и предоставления круглосуточного доступа к ПП по надежным, высокоскоростным каналам.

операционную систему от аппаратуры и создает ряд работающих виртуальных серверов на одном физическом, в результате чего последний становится общим для нескольких разных приложений, что позволяет более эффективно использовать его физические ресурсы.

Во-вторых, такой подход обеспечивает оперативную эластичность (гибкость) за счет быстрой миграции и восстановления операционных сред, поддержания их жизнеспособности и управления. Гибкость выделения ресурсов сделала возможным динамическое перераспределение нагрузок. Так, когда физический сервер испытывает повышенные нагрузки, например, при увеличении числа пользователей, имеющиеся ресурсы масштабируются вплоть до того, что ВМ легко переносятся между физическими серверами, т. е. прозрачно для клиентов динамически изменяются ресурсы платформы за счет установки новых серверов и систем хранения. Создание копий ВМ и их восстановление из резервных занимает значительно меньше времени и является относительно простой процедурой. При выходе из строя оборудования резервная копия виртуального сервера может быть сразу запущена на другом физическом сервере, чем обеспечивается высокая доступность ресурса в целом.

Таким образом, помимо выигрыша в затратах на аппаратное обеспечение и экономии на обслуживании повышается надежность ИТ-инфраструктуры, ее масштабируемость, гибкость и устойчивость, уменьшается время развертывания, простота и восстановления после сбоев, обеспечивается высокая доступность и централизация управления [67].

Для создания и управления ВМ разного уровня, от отдельных серверов до виртуальной инфраструктуры средних и крупных предприятий, используются такие решения, как, например, в работах [78, 79]. Так, основой системы виртуализации для серверов на базе процессоров с архитектурой x64 служит технология Hyper-V [78]. Hyper-V распространяется двумя способами: как часть Windows Server 2008 или в составе независимого бесплатного продукта MS Hyper-V Server. Hyper-V построен так, что монитор ВМ (МВМ) — гипервизор — устанавливается поверх аппаратного уровня (физического сервера), в отличие от случая, когда МВМ работает в среде хостовой ОС. При этом достигается увеличение быстродействия, так как исключаются накладные расходы, связанные с функционированием хостовой ОС. Архи-



тектура этой системы виртуализации позволяет достичь максимальной производительности при работе с сетевыми подключениями, а также с устройствами хранения данных [78].

Решения VMware [79] по виртуализации (VMware vSphere) добавляют уровень программного обеспечения непосредственно над аппаратным уровнем или на 32- и 64-разрядных ОС сервера с архитектурой x86. Этот уровень содержит МВМ или гипервизор, обеспечивающий прозрачное динамическое выделение аппаратных ресурсов. ПО VMware vSphere предоставляет надежный уровень виртуализации при совместном использовании ресурсов хранения, вычислительных и сетевых средств одного физического сервера несколькими виртуальными машинами. Централизованное управление — ПО VMware vCenter Server — обеспечивает быструю инициализацию, мониторинг производительности, миграцию с физических машин на виртуальные и др.

*Балансировка нагрузки и биллинг услуг.* Услуга PaaS предусматривает (см. рис. 11) балансировку нагрузки между компонентами, т.е. динамическое распределение поступающих пользовательских запросов между серверами приложений или платформами с учетом их текущей загрузки. В случае использования выделенного устройства, через которое взаимодействуют все пользователи, в качестве балансировщика нагрузки могут быть применены межсетевой экран и универсальные маршрутизаторы, которые способны выполнять эту задачу по алгоритмам последовательного перебора или на основании количества открытых сессий TCP на каждый из серверов. Чаще всего данная функциональность служит дополнением к основным функциям этих устройств. Специализированные аппаратно-программные решения постоянно контролируют время ответа серверов, на которые они распределяют нагрузку, и анализируют количество запросов, которые им были отправлены. Данные сведения используются для последующего выравнивания нагрузки серверных платформ. Существуют решения балансировки нагрузки без пропуска трафика через одно устройство. Такой вариант балансировки организуется путем отправки первоначального запроса от пользователя на выделенный сервер-балансировщик. После получения запроса балансировщик указывает, с каким сервером приложений из инфраструктуры платформы продолжать работу. Последующее взаимодействие происходит без участия балансировщика [80].

Платформа имеет механизмы обеспечения доступности предоставленной инфраструктуры: мониторинг использования ресурсов с обязательным информированием пользователя и учет потребления услуг с оплатой по факту их использования, т.е. в зависимости от времени оказания услуги (биллинг услуг). Самообслуживание в рамках такого сервиса предполагает возможность самостоятельного создания нужной инфраструктуры для бизнес-приложения в виде виртуальных машин, установки и настройки требуемого прикладного ПО. Последнее относится как к PaaS, так и развитым решениям IaaS.

Трудности, связанные с использованием PaaS, — это привязка к поставщику услуг, сложность с выбором среды разработки, различия между поставщиками услуг, обусловленные тем, что многие среды PaaS имеют дополнительный уровень абстракции, скрывающий детали решений поставщика услуг от разработчика приложений, необходимость приобретения новых навыков и проецирование существующих решений на новую среду [62, 81].

Изначально сложно определить, насколько подходит разработчику приложений та или иная среда платформы. Каждый поставщик PaaS имеет свой, отличный от других, набор функций, и среда проектирования создается в соответствии с его представлениями о том, как должен выглядеть процесс разработки приложений. В PaaS присутствуют ограничения, диктуемые конкретным инструментарием, с наличием которого разработчикам необходимо считаться. Работа в рамках платформы потребует некоторого времени на изучение платформы, однако сделает разработку более технологичной и позволит перенести опыт, полученный в процессе создания одного продукта, на другие проекты. Однако ориентация приложений на одну платформу имеет очевидный минус: при миграции на иное PaaS-решение или при расширении функционала услуги за счет опций, предусмотренных в рамках другой платформы, адаптировать приложение на новую основу не удастся. Все же не следует называть привязку к конкретному поставщику услуг исключительно негативным фактором, поскольку полученные при этом преимущества настолько существенны, что недостатки такого варианта можно не учитывать [62, 82].

Примером платформы для быстрого создания приложений служит платформа Force.com [83]. Она включает в себя безопасную инфраструктуру, которая развивалась и проходила тонкую

настройку более 10 лет, базу данных, программируемые пользовательский интерфейс и бизнес-логику, встроенную аналитику, а также другие инструменты, необходимые для построения мощных бизнес-, мобильных приложений и Web-сайтов. Встроенное хранилище файлов упрощает обмен презентациями, видеоклипами, документами, электронными таблицами и любыми другими файлами.

Jelastic PaaS Java-платформа [84] с возможностью разработки, запуска (хостинга) и автоматического масштабирования Java-приложений. Выделение ресурсов сервера в соответствии с количеством поступающих запросов обеспечивается балансировщиком нагрузки и кэшированием посредством программы NGINX. Для хостинг-провайдеров решения Jelastic автоматически распределяют физические ресурсы по мере их востребования программными приложениями и способны проводить миграцию приложений между серверами для обеспечения оптимальной нагрузки. Для эффективности использования ресурсов невостребованное приложение автоматически переводится в режим гибернации (спящий режим), при этом ресурсы потребляются лишь активными приложениями. При получении запроса на одно из «спящих» приложений система автоматически активирует его.

PaaS-платформа поддерживает любые JVM-приложения, в том числе написанные на Java 6 и 7, JRuby, Scala и Groovy. Разработчику предоставляется широкий спектр стандартных программных пакетов и поддержка популярных интеграционных инструментов [84].

*Программное обеспечение как услуга — SaaS.* На самом верхнем уровне абстракции (рис. 12) находятся решения категории SaaS, предоставляющие прикладные услуги конечным пользователям [62].

Изменение бизнес-модели. Изменения, обусловленные переходом от предложения *владения* ПО до предложения ПО *как услуга*, могут включать в себя [58, 61]:

- переход «собственности» ПО от клиента к внешнему поставщику;
- перераспределение ответственности за инфраструктуру и ИТ-администрирование от клиента к поставщику;
- сокращение расходов на предоставление услуг за счет консолидации компьютерных ресурсов и экономии вследствие масштабирования;
- ориентацию на малый бизнес за счет снижения минимальной стоимости, при которой может быть предоставлено ПО.



Рис. 12. Уровни абстракции размещаемых прикладных услуг

С учетом этих изменений поставщик разрабатывает приложение, лицензирует его, управляет им и предоставляет потребителям (бизнес-клиентам) доступ к ПО. Последнее развернуто как веб-сервис с доступом к нему через Internet — рабочее определение ПО как услуги<sup>28</sup> [61]. При этом SaaS-провайдер предоставляет клиенту реализацию бизнес-функций, функционала бизнес-приложений, решает вопросы интеграции услуги в ИТ-систему потребителя, берет на себя функции развертывания, развития и поддержки ПО на протяжении всего его жизненного цикла, несет полную ответственность за масштабируемость предоставляемых услуг. Приложения в качестве SaaS-услуги предоставляют финансово застрахованные гарантии профессиональной поддержки в течение заданного времени и независимость от команды ИТ-специалистов, работающих в компании на данный момент времени [85].

В основу SaaS положен принцип подписки: ПО предоставляется в аренду, его оплата зависит от числа пользователей, объема транзакций и других количественных показателей. Возможность арендовать ПО в первую очередь снимает вопрос о необходимости

<sup>28</sup> «Software deployed as a hosted service and accessed over the Internet.»

капитальных инвестиций в инфраструктуру. Модель SaaS<sup>29</sup> имеет очевидные преимущества перед классической моделью распространения корпоративного ПО: она экономичнее, не требует установки и последующей поддержки ПО в среде обитания пользователя, вложения значительных средств защиты данных, поиска и содержания ИТ-персонала, который будет поддерживать и развивать инфраструктуру.

*ПО как модель становления службы.* С точки зрения разработчика приложения есть три ключевых признака, которые отличают хорошо продуманные приложения от плохо спроектированных. Хорошо продуманные SaaS-приложения являются масштабируемыми, эффективными для множества пользователей и настраиваемыми. Под их эффективной эксплуатацией подразумевается иной подход к проектированию данных и архитектуре ПО по сравнению с традиционными приложениями [61]. В частности, речь идет о работе множества пользователей, иначе говоря, о поддержке режима multi-tenant (множественная аренда), когда один экземпляр ПО, исполняемый на платформе провайдера, используется для параллельного обслуживания многих заказчиков. Принцип multi-tenancy — архитектурный принцип, поддерживающий совместное использование ресурсов (вычислительных мощностей, систем хранения, сетевого оборудования и программного обеспечения). Именно параллельное обслуживание многих заказчиков принципиально отличает SaaS-модель от моделей обслуживания «клиент-сервер» и ASP (application service provider — провайдер услуг доступа к приложениям). При необходимости ASP-вендор может устанавливать по отдельному серверу для каждого из своих клиентов [86].

Основным средством настройки и конфигурирования приложения клиентам служит сервис метаданных. Если приложение, размещенное у провайдера, используется одновременно клиентами из разных компаний, то невозможно написать собственный программный код для настройки конечного пользователя, так как все изменения в настройке приложения для одного клиента будут перенесены в приложение для других клиентов. Вместо модификации приложения в традиционном смысле этого

---

<sup>29</sup> В зависимости от количества пользователей и вида ПО можно сэкономить до 85 % совокупной стоимости владения решением в течение трех лет [46]. Услуга дает возможность перевести часть затрат на ИТ из капитальных в операционные.

слова каждый клиент использует метаданные для настройки работы приложения «под себя», для своих пользователей. Как правило, клиент может вносить изменения в таких областях, как пользовательский интерфейс и брендинг<sup>30</sup>, поток работ или последовательность выполняемых действий и бизнес-правила (при необходимости клиенты должны иметь способ настройки рабочего процесса приложения под свой бизнес-процесс), расширение модели данных, контроль доступа конечных пользователей.

Задача разработчика SaaS — обеспечить такие настройки приложения, чтобы они были просты и удобны для клиентов, не требовали дополнительного совершенствования ПО и не приводили к увеличению эксплуатационных расходов для каждой конфигурации. В идеале клиенты должны иметь возможность настроить приложение с помощью мастера либо через простые, интуитивно понятные экраны [61].

Таким образом, атрибутами завершенного, полного SaaS-приложения служат масштабируемость, эффективность для множества пользователей или множественная аренда (multi-tenant), настройка работы приложения «под себя» с использованием сервиса метаданных). Становление SaaS-приложения может быть представлено моделью с четырьмя различными уровнями. Каждый уровень отличается от предыдущего добавлением одного из трех признаков (рис. 13 и табл. 3).

Как показано на рис. 13, на первом уровне миграция традиционных клиент-серверных приложений в модель SaaS, как правило, возможна с относительно небольшими изменениями, при этом уменьшение операционных затрат происходит за счет консолидации серверного оборудования и администрирования. Второй уровень, как и первый, требует достаточного количества оборудования и хранилищ данных для поддержки потенциально большого количества одновременно запущенных экземпляров приложений. Существенный недостаток третьего уровня — ограничения по масштабируемости.

Следовало бы ожидать, что четвертый уровень может быть конечной целью для любого SaaS-приложения, но это не всегда соответствует истине. Несмотря на то, что приложение может иметь один или несколько из перечисленных признаков, оно

---

<sup>30</sup> Брендинг — это приемы создания впечатлений и эмоций, которые вносят свой вклад в отношение целевой аудитории рынка к бренду.

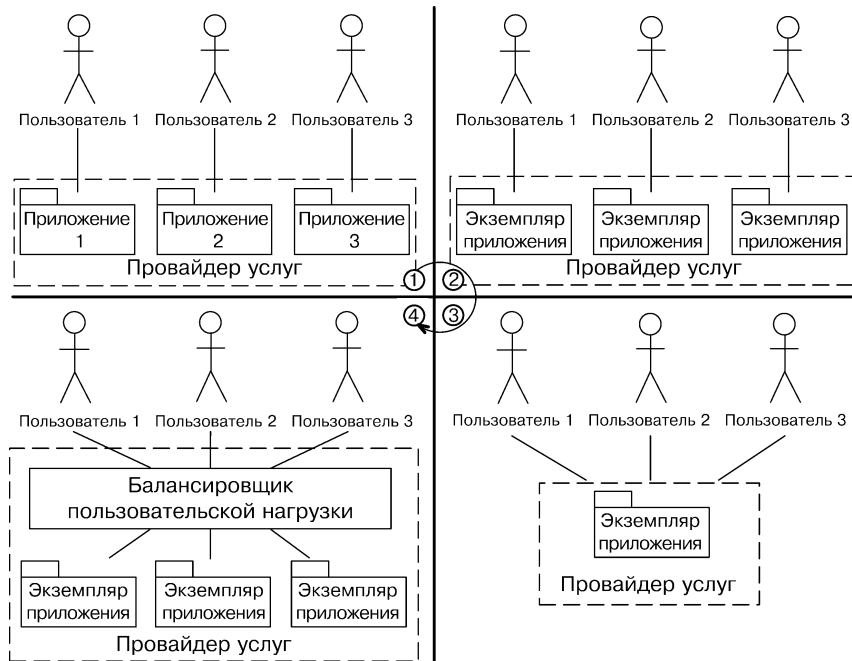


Рис. 13. Уровни становления модели SaaS-приложения

соответствует требованиям бизнеса. В этом случае разработчику при выборе дополнительных атрибутов модели следует руководствоваться экономической целесообразностью. В [61] предлагается рассматривать модель становления SaaS-приложения как континуум между обособленными данными пользователей и одним и тем же программным кодом реализации, с одной стороны (рис. 14), и совместно используемыми данными и единым для всех клиентов базовым кодом — с другой.

На рис. 14 приняты следующие обозначения:

- Dedicated — приложения предназначены для конкретного заказчика, запускаются как внутренние или изолированные;
- Shared — разделяемые приложения;
- Per-tenant SLA — соглашение об уровне услуг, заключенное с каждым арендатором;
- Data separation — разделение данных;
- Economy of scale — экономия вследствие масштабирования;
- Simple management — простое управление.

Таблица 3. Модель становления SaaS-приложения

Уровень модели	Ключевые атрибуты уровня
1. Пользовательский или специально настроенный под пользователя (Ad Hoc/Custom)	Пользователь имеет собственную настроенную под него версию приложения, которую он размещает у провайдера, например, арендуя услугу IaaS. Приложение выполняется и обслуживается на оборудовании и площадях провайдера, а доступ к нему осуществляется через Internet либо иной канал связи, например виртуальную частную сеть VPN. Эта модель обслуживания напоминает взаимодействие с провайдером услуг доступа к приложениям ASP
2. Конфигурируемый (Configurable)	Производитель ПО размещает отдельный экземпляр приложения для каждого пользователя и предоставляет ему подробные параметры конфигурации для настройки ПО через метаданные. Таким образом, клиенты работают с собственными экземплярами ПО, но с одним и тем же программным кодом. Несмотря на это, каждый экземпляр приложения остается полностью изолированным от остальных. Единый базовый код для всех клиентов значительно снижает требования к службе приложений, так как любые изменения в коде могут быть легко внесены одновременно для всех групп клиентов. Это снижает затраты производителя при удовлетворении потребностей разных клиентов
3. Эффективный для множества пользователей, конфигурируемый (Configurable, Multi-Tenant-Efficient)	Поставщик услуг запускает один экземпляр приложения, который служит множеству клиентов. Каждый пользователь посредством метаданных конфигурирует приложение. Авторизация и политика безопасности обеспечивают обособление всех пользовательских данных. С точки зрения конечного пользователя нет признаков того, что приложение разделено между несколькими арендаторами. Такой подход избавляет от необходимости выделять место на сервере для многих экземпляров приложений, предоставляемых провайдером услуг клиентам. Это значительно повышает эффективность использования компьютерных ресурсов по сравнению со вторым уровнем и приводит к снижению затрат



Уровень модели	Ключевые атрибуты уровня
4. Масштабируемый, конфигурируемый, эффективный для множества пользователей (Scalable, Configurable, Multi-Tenant-Efficient)	Поставщик услуг размещает для клиентов множество одинаковых экземпляров приложений на платформе с балансировкой нагрузки. Данные каждого пользователя содержатся отдельно. Они, используя сервис метаданных, могут сконфигурировать ПО и настроить его работу в соответствии со своим уникальным пользовательским опытом. Система SaaS масштабируется для произвольно большого количества пользователей, поэтому количество серверов и экземпляров приложения могут быть при необходимости увеличены или уменьшены

Проект создаваемого приложения продвигается вдоль этого континуума и выбор того или иного решения зависит от характера бизнеса, архитектуры и текущих потребностей, а также клиентских соображений, которые совместно прорабатываются в рамках бизнес-, архитектурной- и организационной модели [61].

**Примеры решений SaaS-услуг.** Поставщики SaaS-услуг предлагают приложения, позволяющие решать конкретные задачи. Это в первую очередь программные решения систем управления бизнесом CRM и ERP, приложения, автоматизирующие бухгалтерский учет, и др. Информационный ресурс, обеспечивающий работоспособность каждой услуги, разворачивается в едином производительном дата-центре с мощной технической и экспертной поддержкой, т.е. приложения предоставляются в виде хостинга по Сети. При этом каждый клиент имеет доступ только к своим данным.

Salesforce.com является основоположником и лидером по предоставлению услуг on-demand. Продукт Salesforce.com CRM [87] — управление отношениями с клиентами — ориентирован на решения для различных отраслей (производство и дистрибуция, телекоммуникации, фармацевтика, Hi-tech компании и т.п.). Использует передовые технологии для обеспечения безопасности в Internet. Так, при обращении к приложению используется

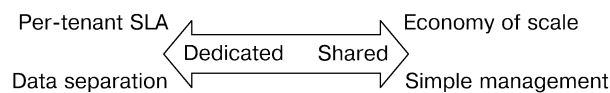


Рис. 14. SaaS-приложение как континуум

Secure Socket Layer (SSL) — технология, которая защищает информацию клиента, используя оба сервера аутентификации и шифрования данных, приложение доступно только для зарегистрированных пользователей. Предусмотрена возможность увеличения количества пользователей и развитие функциональности: масштаб Salesforce.com позволяет иметь обратную связь в режиме реального времени от более 50 000 компаний.

Интеграция приложений признана наиболее приоритетной областью современных ИТ. Например, на платформе Force.com [87] интеграцию обеспечивает Force.com Connect, реализуя семейство современных технологий: web-сервисы, архитектуру множественной аренды multi-tenancy, общедоступный API и развитую экосистему партнеров по интеграции. Для клиентов Force.com Connect является интеграцией с любым бизнес-приложением организации, включая SAP<sup>31</sup>, Oracle, Microsoft, а также решениями других производителей. Его открытость исключает привязанность к одному производителю, предоставляя необходимую гибкость развитых web-сервисов. Открытые стандарты интерфейса для обмена данными дают возможность партнерам Salesforce.com строить свои приложения, обеспечивая возможности интеграции.

Выбор способа интеграции во многом зависит от организационных, технических потребностей, а также бизнес-потребностей компании. Клиентам доступны как предварительно интегрированные приложения с Salesforce.com, так и инструментарий для реализации индивидуальных интеграционных решений. Гибкость платформы Force.com позволяет при необходимости использовать сочетание всех перечисленных путей. В случае интеграции с наиболее популярными приложениями, такими как Microsoft Outlook, Lotus Notes, Microsoft Excel, Microsoft Word или ERP-приложениями от SAP или Oracle, платформа Force.com обеспечивает готовые коннекторы от Salesforce.com для интеграции [87].

В технологической платформе «1С:Предприятие 8.2» [88] реализуется функциональность, предназначенная для использования решений системы в качестве услуг доступа по моделям ASP и SaaS. Реализована функциональность разделения данных (multi-tenant), что обеспечивает работу в одной информационной базе большого количества разных, в том числе независимых,

---

<sup>31</sup> Компания SAP — «Systems, Applications and Products in Data Processing».

организаций. Каждая организация видит только «свою» информацию, при этом общие данные (классификаторы, справочники и т.п.) не дублируются и всегда актуальны. Экономится ресурс на администрирование и поддержку отдельных информационных баз для каждого пользователя. В версии 8.2.16 происходят значительные изменения функционала: развитие технологий для работы «IC:Предприятия» в режиме сервиса, повышение масштабируемости, развитие средств интеграции и формирования отчетности.

### **2.3.1.3. Тенденция развития ИТ-услуг**

Приведем основные результаты исследований основных тенденций в ИТ-сфере региона ЕМЕА<sup>32</sup>, которые осуществило аналитическое агентство Coleman & Parkes на заказ Hewlett-Packard (HP) [89, 90]. Согласно этим результатам более 60 % компаний в регионе ЕМЕА собираются использовать «облачную» бизнес-модель [61] в сфере ИТ для более эффективного взаимодействия с заказчиками и гражданами. Около 50 % организаций в регионе ЕМЕА рассматривают «облачные вычисления» как двигатель инновационного развития организаций. При этом около 80 % респондентов в регионе ЕМЕА считают нужным перевод бизнес-критичных приложений в «облако» в ближайшие несколько лет.

В ходе исследования также было обнаружено, что 50 % руководителей компаний считают отсутствие гибкости ИТ-инфраструктуры препятствием для решения бизнес-задач, стоящих перед предприятием; 38 % опрошенных видят причину отставания бизнеса в устаревающих приложениях. По мнению более трети респондентов, их организации могут сэкономить до 10 % ИТ-бюджета в случае модернизации приложений [89, 90].

В [90] отмечается, что компания HP поставила перед собой задачу показать, как внедрение ИТ-услуг делает бизнес более эффективным. Одной из главных ИТ-тенденций последнего времени стало создание многими компаниями частных облаков, т. е. собственной, единой платформы для решения всех бизнес-задач. Кроме того, организации начинают осознавать полезность гибридных сред, позволяющих эффективно сочетать возможности облака и унаследованных систем и приложений, хотя такие инфраструктуры и требуют дополнительных усилий для защиты доставляемых данных.

---

<sup>32</sup> Регион ЕМЕА — это Европа, Ближний Восток и Африка.

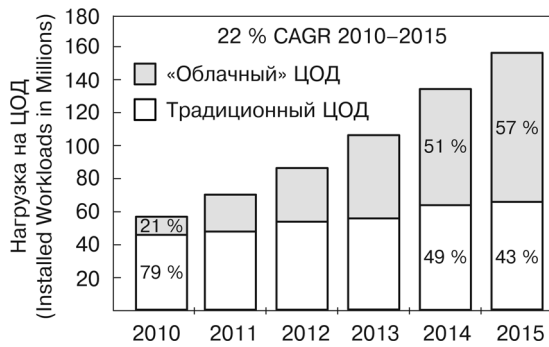


Рис. 15. Распределение нагрузок на ЦОД

Почти одновременно компания Cisco опубликовала первый отчет по результатам исследования ею глобальных тенденций развития облачных вычислений [91–93]. Эти исследования касаются оценки темпов и тенденций роста мирового IP-трафика в ЦОД и облаках. Из материалов отчета следует:

- в 2010 г. 21 % рабочей нагрузки обрабатывался в облачных, а 79 % — в традиционных ЦОД (рис. 15). В целом рабочая нагрузка на центры обработки данных в 2015 г. увеличили в 2,7 раза, а нагрузки на облако — более чем в 7 раз [92];
- доля облачного трафика в глобальном трафике ЦОД в 2010 г. составляла 11 %. К 2015 г. она превысит 33 %, т. е. облачный трафик составит одну треть мирового трафика ЦОД;
- до 2015 г. глобальный трафик ЦОД возрастал на 33 % ежегодно и увеличился в 4 раза, а глобальный облачный трафик соответственно — на 66 % и в 12 раз;
- 76 % трафика ЦОД в 2015 г. не выходит за пределы ЦОД. Этот трафик связан с передачей рабочих заданий с одной виртуальной машины на другую и выполнением таких фоновых задач, как хранение данных и аутентификация виртуальных машин:
  - 17 % трафика ЦОД доставляется конечным пользователям;
  - 7 % передается между ЦОД для резервирования и репликации данных, обновления данных и приложений и для обработки пиковых нагрузок;
- в 2015 г. пиковая пользовательская нагрузка превысила среднюю активность более чем в 2,5 раза.

Трафик между ЦОДом и пользователями отличается большой неравномерностью. Иногда в нем появляются пиковые нагрузки, вызванные в основном ростом популярности пользовательских видеослужб, поэтому ЦОД, облако и сеть должны иметь допол-

нительные резервные ресурсы. Облачная модель, предусматривающая доставку услуг по требованию, отличается эффективностью в условиях больших колебаний спроса.

Аналитики Cisco подчеркивают, что практически весь трафик ЦОД создается не конечными пользователями, а центрами обработки данных и облаками, которые поддерживают пользователей в фоновом режиме, выполняя такие операции, как резервное копирование и репликация данных. По прогнозам глобальный облачный трафик будет расти вдвое быстрее мирового трафика ЦОД. Центры обработки данных, поддерживающие облачные вычисления, будут отличаться высокой производительностью, загруженностью ресурсов и простотой управления. Виртуализация станет важнейшим катализатором, который ускорит процессы консолидации аппаратных и программных средств, автоматизации и интеграции подходов к информационной безопасности [91, 92].

В отчете Cisco [91, 92] также проведен анализ облачной готовности, т. е. готовности основных географических регионов и их сетевой инфраструктуры к поддержке корпоративных и пользовательских облачных услуг разного типа. Чтобы оценить глобальную готовность к облачным вычислениям, в разных регионах были проанализированы такие параметры, как средняя скорость входящих и исходящих потоков и их средний уровень задержки (латентности)<sup>33</sup>, распространения и возможности использования широкополосного доступа в ЦОД (рис. 16).

Исследователи пришли к выводу, что в настоящее время во всех регионах мира, где осуществлялся такой анализ [92], готовы к внедрению облачных услуг для социальных сетей и web-конференций. Что касается облачных приложений более высокого уровня (видеочаты, видеопотоки высокого разрешения и т. п.), то сетевые ресурсы для их поддержки есть в Азиатско-Тихоокеанском регионе, Западной Европе, Центральной и Восточной Европе и Северной Америке.

Ни один из исследованных регионов не имеет сетевых ресурсов, достаточных для поддержки таких передовых облачных приложений, как видеоконференции с высоким разрешением. Однако в регионах существуют страны, например Южная Корея и Япония, где есть возможности для их создания. Фрагментарно результаты исследований [92] сведены в табл. 4.

---

<sup>33</sup> Задержка (latency) — время, затраченное на передачу пакета данных от клиента к серверу и от сервера к клиенту.

«Облачные» приложения		
Базовые (basic)	Средние (intermediate)	Передовые (advanced)
Требования к сети		
Скорость загрузки, до 750 кбит/с Скорость выгрузки, до 250 кбит/с Задержка (latency), выше 140 мс	Скорость загрузки, 750–2,500 кбит/с Скорость выгрузки, 250–750 кбит/с Задержка (latency), 140–50 мс	Скорость загрузки, выше 2,500 кбит/с Скорость выгрузки, выше 750 кбит/с Задержка (latency), ниже 50 мс
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Текстовая связь</li> <li>• Web-конференции</li> <li>• Социальные сети</li> <li>• Потокное видео и музыка</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HD потоковое видео</li> <li>• IP-телефония</li> <li>• ERP- и CRM-системы</li> <li>• IP-аудиоконференция</li> <li>• Продвинутое социальные сети</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Видео сверхвысокого разрешения</li> <li>• HD аудио-, видео-конференции</li> <li>• Потокное видео очень высокой четкости</li> </ul>

Рис. 16. Требования к сети для разного рода услуг

Отчет, опубликованный компанией Cisco [92], дает представление о росте трафика и значении сетей, необходимых для поддержки облачных услуг, что позволяет организациям принимать взвешенные долгосрочные стратегические решения. Компания сообщила о намерении и в дальнейшем проводить такие ежегодные исследования и предоставлять их мировому сообществу.

Таблица 4. Поддержка облачных бизнес-приложений (фрагмент)

Страна	Скорость, кбит/с		Задержка, мс	Регион
	загрузки	выгрузки		
<b>Наилучшие показатели в мире</b>				
Гонконг	48671	44830	34	Азиатско-Тихоокеанский
Южная Корея	30330	16929	29	
Япония	14129	10429	48	
<b>Наилучшие показатели по региону</b>				
Словения	31,183	22,997	29	Центральная и Восточная Европа
Болгария	19,429	13,966	30	
Эстония	15,015	6,402	25	
Польша	11,44	8,049	40	
Украина	10,01	8,387	82	
Россия	6,929	7,138	79	
Беларусь	4,479	2,665	80	

Для анализа тенденций и оценки темпов роста приведенных в табл. 4 показателей, выявления новых зависимостей, влияющих на ЦОД и облачную архитектуру, укажем основные результаты исследований из доклада Cisco «Глобальный индекс развития облачных технологий в период с 2012 по 2017 г.» [94—96]:

- прогнозируется возрастание самого быстрорастущего сегмента трафика ЦОД — глобального облачного трафика — в 4,5 раза и увеличение в 3 раза общего объема мирового трафика в ЦОД;
- в связи с развитием облачных услуг темпы роста глобального облачного трафика (прогнозируемые среднегодовые значения 35 %) стали превышать темпы роста (25 %) мирового глобального трафика в ЦОД;
- доля облачного трафика в глобальном трафике ЦОД возрастет с 46 % в 2012 г. до 69 % в 2017 г. и составит 5,3 зеттабайт<sup>34</sup>. За этот же период глобальный трафик ЦОД увеличится с 2,6 до 7,7 зеттабайт;
- нагрузка на ЦОД вырастет в 2,3 раза, облачные нагрузки увеличатся в 3,7 раза.

В начале рассматриваемого периода 39 % рабочих нагрузок приходились на облако, а 61 % работ выполнялся в традиционных ЦОД. В 2014 г. более половины рабочих нагрузок приходилось на облако: 51 % всех заданий обрабатывалось в облаке, а 49 % — в традиционном ИТ-пространстве. К 2017 г. 63 % рабочих заданий будет выполняться в облачных ЦОД, а 37 % — в традиционных ЦОД.

Такой показатель приведен как соотношение рабочих нагрузок на виртуальные серверы к рабочим нагрузкам на неvirtуальные серверы. Его значение в 2012 г. оценивалось как 6,5:1; прогнозируется, что к 2017 г. оно возрастет до 16,7:1. В то же время, соотношение рабочих нагрузок на виртуальные серверы, установленные в традиционных ЦОД, к рабочим нагрузкам на используемые там неvirtуальные серверы возрастет с показателя 1,7:1 в 2012 г. до 2,3:1 в 2017 г.

По прогнозу Cisco неизменным останется процентное соотношение между трафиком, генерируемым конечными пользователями и создаваемым ЦОД, и выполнением задач, связанных с облачными вычислениями, — 17 и 83 % соответственно. 7 % трафика в ЦОД будет генерироваться при обеспечении связи между ЦОД (в основном при репликации данных, обновлении

---

<sup>34</sup> Зеттабайт примерно равен одному миллиарду терабайт.

программного обеспечения и при модернизации систем). Кроме того, 76 % процентов трафика не выйдет за пределы ЦОД и будет связано с хранением данных, а также с использованием данных в виртуальной производственной среде и среде разработки.

Самые высокие темпы роста облачного трафика будут наблюдаться на Ближнем Востоке и в Африке. В 2012 г. наибольший объем облачного трафика был сгенерирован в Северной Америке. Далее следовали Азиатско-Тихоокеанский регион и Западная Европа. К концу исследуемого периода наибольший объем облачного трафика будет присущ этим же регионам. Самые высокие темпы роста облачного трафика (57 % в год) будут наблюдаться на Ближнем Востоке и в Африке, в Азиатско-Тихоокеанском регионе 43 %, а в Центральной и Восточной Европе 36 %.

В 2012 г. самую большую долю облачных рабочих заданий (15,2 млн, или 47 % от общемирового количества) имели на Северную Америку и Азиатско-Тихоокеанский регион (6,8 млн заданий, или 21 % общемировой величины). Значения этих показателей к 2017 г. составят соответственно 41 % и 31 % общемирового количества облачных заданий, а первенство будет принадлежать Северной Америке и Азиатско-Тихоокеанскому региону.

В период с 2012 по 2017 гг. самые высокие среднегодовые темпы роста облачных рабочих заданий будут наблюдаться на Ближнем Востоке и в Африке (45 % в год), в Азиатско-Тихоокеанском регионе 40 % в год, Центральной и Восточной Европе 31 % в год.

Результаты исследования, проведенного компанией Trend Micro<sup>35</sup> [97, 98], подтвердили, что в целом предприятия достаточно быстро продвигаются к облачным технологиям. Не более 10 % опрошенных используют облачные решения в производственной среде, около половины респондентов внедряют такие решения или реализуют проекты.

Но несмотря на растущую популярность облачных вычислений, в большинстве стран наблюдается недостаточное понимание сути облачных услуг. Так, 93 % респондентов, которым предоставляли список облачных служб, заявили, что в данный момент работают

---

<sup>35</sup> Trend Micro Incorporated — ведущий разработчик систем защиты от угроз, исходящих из Интернета, специализирующийся на обеспечении безопасности передачи данных. Многие решения компании построены на основе Trend Micro™ Smart Protection Network — инфраструктуры нового поколения, обеспечивающей защиту клиентов от угроз, исходящих из Интернета, в облаке.



только с одной из них. При этом 7 % этих опрошенных сообщили, что их компания не собирается разворачивать никаких «облачных» сервисов — противоречие налицо.

Главным препятствием на пути к развертыванию облачных решений остаются вопросы безопасности, при этом все больше предприятий считают производительность и уровень доступности не менее важными факторами. Согласно результатам исследований основными препятствиями для внедрения облачных услуг являются опасения, касающиеся безопасности данных или облачной инфраструктуры (50 %) и производительности / уровня доступности облачных служб (48 %).

Заметим, что низкий уровень безопасности приводит к такому же простоям систем, как и низкая производительность [97, 98]. Безусловно, проблема информационной безопасности существует и ее решение лежит в целевом взаимодействии как провайдеров, так и потребителей облачных услуг [99, 100], поэтому и существуют частные или закрытые облака [58, 59].

### ***2.3.1.4. Вопросы безопасности работы в облаке***

Полагали, что к 2012 г. 20 % компаний в мире откажутся от собственных ИТ-ресурсов. Но есть и другая тенденция — к этому же году 45 % всех хранимых данных компаний станут в той или иной степени конфиденциальными. А не опасно ли бизнесу работать в среде облачного, распределенного компьютеринга, помещая туда свои данные?

Несмотря на то, что интерес к последнему ощутимо вырос, во многих организациях по-прежнему вызывают беспокойство идеи облачных вычислений, облачных продуктов и облачных сервисов. Основную проблему для ИТ-руководителей представляют вопросы безопасности, к другим — относятся доступность услуг, эффективность и надежность их поставщиков.

Размывание сетевого периметра, некогда ограничивавшего корпоративные информационные ресурсы, добавляет риски, связанные с защитой и сохранением данных. Первым шагом в процессе перехода к распределенному компьютерингу является — виртуализация, т.е. переход от физических серверов к виртуальным. Исчезает понятие «периметр сети», исключается возможность применения каких-либо средств защиты в одной точке. Кроме того, теряется возможность сегментировать сеть межсетевым экраном (FW — Firewall) и возникают проблемы с использованием аппаратных средств защиты, поскольку большая часть

трафика перемещается внутри физических серверов — между виртуальными машинами. К тому же, коммуникационные решения, предоставляющие мобильным пользователям возможность доступа к важным данным в любом месте в любое время, создает дополнительные риски для информационной безопасности, так как доступ к сетям зачастую осуществляется из точек, не защищенных традиционными корпоративными экранами FW.

В работе [101] отмечается, что наиболее вероятным типом угроз становится именно атака извне. Злоумышленники постоянно используют существующие уязвимости не только протоколов работы сети, но и ОС, компонентов и даже микропрограммного обеспечения для аппаратных решений сетевой инфраструктуры ЦОД. Традиционными мерами защиты от таких угроз является FW, настроенный программно-аппаратный комплекс, включающий в себя антивирусное программное обеспечение и другие компоненты защиты, а также своевременное обновление ОС, другого ПО и прошивок аппаратной части защиты.

В неграмотно построенной облачной среде с непродуманной информационной защитой может существовать ряд угроз, которые позволят злоумышленникам получить доступ как к пользовательским данным, так и ко всей инфраструктуре предприятия. Например, такой угрозой может быть атака на бездействующую виртуальную машину, если на уровне гипервизора не предусмотрена блокировка выключенных машин. Так, потребитель облачной инфраструктуры может создать и в дальнейшем, вероятно, сохранить ряд ВМ в различных состояниях: запущенных, приостановленных, выключенных. На выключенной ВМ нельзя запустить защитное ПО, и это делает ее уязвимой. В данном случае только гипервизор способен предотвратить атаку на такого «спящего» клиента [101]. Кроме того, неактивные виртуальные машины не обновляются в случае выпуска разработчиком «заплаток» в ПО, устраняющих опасность вторжения. В случае активации пользователем необновленной ВМ последняя может быть скомпрометирована. В принципе, поставщик услуг может обновлять неактивные ВМ, однако механизм такого обновления сложен, поэтому поддержка обновлений безопасности обычно возложена на потребителей [59].

В виртуальных средах с гипервизором атака на монитор ВМ способна дать пользователю одной из виртуальных машин доступ ко всем остальным ВМ. Что касается общей защиты облачных служб, то инфраструктура, в которую они входят, оказывается в

некотором роде «открытой» настолько, насколько «открыты» виртуальные вычисления. Иными словами, информационная безопасность всего ЦОД определяется уровнем защиты наименее безопасного его сегмента — чаще всего именно облачного приложения [101].

Заметим, что хотя в настоящее время традиционные FW и реализуют одну из старейших сетевых технологий безопасности — блокирование трафика от несанкционированных источников, но они неэффективны при защите от сложных сетевых атак. В результате развития технологий и приложений появляются новые лазейки для злоумышленников, а практическая реализация системы безопасности усложняется. Чтобы противостоять изменяющимся угрозам, нужно активизировать разработку новых методов выявления и предотвращения атак и блокирования нежелательного сетевого трафика [102].

Технология FW за последние десятилетия эволюционировала до специализированных решений, выполняющих глубокий анализ трафика и идентификацию приложений. Это межсетевые экраны нового поколения NGFW (Next-Generation Firewall) — устройства, расширяющие функционал традиционного FW в части дополнительных сервисов инспекции, контроля поведения пользователей и приложений. Они проверяют пакеты на всех уровнях модели OSI, что позволило использовать в наборах правил (политиках) расширенную информацию не только о соединениях и их состоянии, но и об операциях с использованием протокола конкретного приложения.

В настоящее время растет спрос на платформы NGFW, способные выявлять и блокировать изощренные атаки, задавать с высокой степенью детализации политики безопасности на уровне приложений, а не только портов и протоколов, обеспечивая при этом более высокую степень защиты, управляемости и масштабируемости. Функционал и производительность межсетевых экранов соответствует требованиям более сложного взаимодействия с приложениями, а сами устройства обладают высокой пропускной способностью и поддерживают виртуализацию. Они позволяют создавать политики информационной безопасности на основе широкого набора контекстных данных. Трафик интернет-сервисов (от электронной почты до потокового видео и социальных сетей) проходит через браузер по ограниченному числу портов, и NGFW должен обладать способностью к анализу сеансов с тем или иным уровнем детализации для принятия

решений в зависимости от контекста. Кроме того, особенностью NGFW является поддержка идентификации пользователей (последнее применяется при создании правил), причем для этого FW может использовать как собственную информацию, так и обращаться к Active Directory. Умение распознавать и анализировать трафик отдельных приложений приобрело особое значение с распространением Web-приложений, которые большинство FW, таких как SPI, могут идентифицировать лишь как трафик HTTP через порт 80 [102].

Приведем несколько цифр [103] и посмотрим, что происходит в случае несоблюдения рекомендаций для противодействия атакам извне. В 65 % инцидентов утечка данных привела к нарушениям функционирования компании, а в 55 % случаях сильно пострадала ее репутация.

Вследствие успешных атак с использованием известных брешей в системе информационной безопасности СМБ-компании потеряли в среднем около 14 тыс. дол. США, а крупные компании — около 791 тыс. дол. США (за один инцидент).

62 % компаний вкладывают средства в дополнительную программно-аппаратную защиту своей ИТ-инфраструктуры. 77 % компаний после успешной атаки принимают меры для предотвращения подобных инцидентов, что приводит к дополнительным расходам.

В работе [104] утверждается, что при правильном подходе к выбору провайдера распределенного компьютеринга есть возможность даже повысить уровень защиты своих данных. Под основными моментами защиты подразумевается сохранность хранимых данных, их защита при передаче, аутентификация и изоляция пользователей; ключевые моменты — использование технологий шифрования информации, доступность данных пользователю только после аутентификации, использование клиентом индивидуальной виртуальной машины и др.

Существует мнение, что провайдер предоставляет более высокий уровень безопасности по сравнению с тем, который компании могут обеспечить внутри собственной инфраструктуры. Так, обслуживая предприятия с оборотом в миллиарды долларов, провайдеры таких услуг сделают все от них зависящее для обеспечения максимально безопасной среды. Этот факт нельзя не учитывать, так же как и нельзя уповать на то, что данные будут пребывать в полной безопасности, особенно после случая с атакой вирусом-террористом Stuxnet Бушерской АЭС в сентябре 2010 г.

[105]. Эту точку зрения подтверждают обсуждения в рамках форума «Мир ЦОД 2011» [106], где эксперты не пришли к единому мнению относительно опасности облаков.

Таким образом, проблема информационной безопасности существует и ее решение лежит в целевом взаимодействии как провайдеров, так и потребителей облачных услуг, поэтому и существуют частные или закрытые облака [58, 59, 99, 100].

Учитывая остроту и серьезность проблем, сдерживающих массовое использование облачных решений, приведем несколько общих рекомендаций NIST по безопасности и конфиденциальности в облаках [59, 107, 108].

При выборе облачной системы каждая организация руководствуется своими производственными потребностями и финансовыми возможностями. Для понимания того, какая часть спектра облачных систем удовлетворит потребности организации, следует рассмотреть способы развертывания облака (модели развертывания), виды услуг (модели обслуживания), экономические возможности и риски использования (экономические соображения), технические характеристики облачных сервисов, такие как производительность и надежность (эксплуатационные характеристики), типичные условия обслуживания (соглашения об уровне обслуживания), а также возможности обеспечения безопасности и связанные с ними риски (безопасность) [59].

Под информационной безопасностью подразумевается защита конфиденциальности доступа к данным, их целостность и обеспечение доступности. Организации, использующие в работе ИТ-процессы, обычно обеспечивают защищенность данных следующими способами:

- организационный/административный контроль, определяющий лица, которые могут проводить над данными такие операции, как создание, доступ, открытие, транспортировка и уничтожение;
- физический контроль, направленный на безопасность средств хранения данных и оборудования, в котором они установлены;
- технический контроль идентификации и доступа, шифрование при хранении и транспортировке и прочие атрибуты аудит-обработки данных, соответствующие нормативным требованиям к сохранности данных.

Облакам как сложным сетевым системам присущи традиционные вопросы компьютерной и сетевой безопасности, такие как необходимость обеспечения конфиденциальности, целостности и доступности данных. В силу своих свойств [58] облака агреги-

руют беспрецедентное количество разнообразных клиентских данных. Это является потенциальной уязвимостью, требующей высокую степень уверенности в том, что облачные поставщики в состоянии обеспечить защиту и изоляцию друг от друга используемых клиентами ресурсов. Другим фактором облачной безопасности может служить Internet-обозреватель (web-браузер), запущенный на инфраструктуре поставщика. Во многих облачных приложениях он служит в качестве графического интерфейса для открытия и работы с учетной записью потребителей, обеспечения доступа к ресурсам облака и их администрированию. Потребители ресурсов также используют его для заказа и мониторинга услуг, получения информации о платежах и др. Уязвимости обозревателя могут привести к нарушению облачной безопасности.

Различие моделей развертывания (deployment models) [58] смещает акценты обеспечения безопасности данных в облаках. Так, при использовании публичного облака перечень механизмов обеспечения безопасности оговаривается в договоре обслуживания. Частное облако предполагает реализацию механизмов безопасности в рамках возможностей этой модели (private cloud) развертывания. В любом случае для обеспечения требуемого уровня безопасности данных потребитель услуг из облака должен ориентироваться в существующих методах защиты и возможных рисках.

*Безопасность аренды облачных услуг.* В случае выбора публичного облака обрабатываемые и генерируемые данные организации-заказчика будут физически находиться на территории облачного поставщика. Перемещая данные на площадку провайдера, потребитель должен быть уверен в адекватности мер контроля требованиям заказчика. В случае несоответствия нормативные требования к сохранности данных в облаке могут уточняться и детализироваться. Это обязательно должно быть отражено в договоре<sup>36</sup> потребителя с облачным поставщиком.

Однако даже в случаях, когда требования потребителя по защите данных удовлетворены, поставщик обязан предоставить последнему средства контроля выполнения оговоренных требований. Также для безопасности хранимых данных владельцам

---

<sup>36</sup> Соглашение о предоставлении облачных услуг обычно составляется в двух частях: договор об оказании услуг и соглашение об уровне обслуживания (SLA). SLA — документ, подтверждающий технические характеристики услуг, предоставляемых поставщиком. Там же оговаривается компенсация в случае нарушения обслуживания.

должны быть известны прочность набора алгоритмов шифрования, поддерживаемая поставщиком схема управления ключами и их количество (индивидуальные или коллективные ключи).

Хранящиеся в облаке данные и запускаемые программы могут подвергаться угрозам безопасности, отличным от тех, которые наблюдались в среде локального расположения. Существует ряд соображений о нарушении безопасности данных и обработке их в облаке. Например, сомнения относительно качества реализации облака, границы атакуемого периметра<sup>37</sup>, вероятности объединения атакующих, сложности системы, знаний и опыта администраторов облака. Заметим, что ни один из этих факторов не имеет решающего значения для безопасности облака и не существует однозначных ответов при сравнении облачной и традиционной ИТ-системы, согласно которым она будет более безопасной на практике. Единственный превалирующий аспект облачных систем — виртуализация [1, 2], вытекающий из парадигмы Cloud Computing, может вызывать неуверенность в безопасности. Это «логическое разделение» в отличие от «физического разделения» нагрузок пользователей и применение логических механизмов для защиты ресурсов потребителей. Несмотря на то, что традиционные ИТ-системы используют также и логическое разделение, его не находят достаточно убедительным по сравнению с физическим. Так, некоторые системы виртуализации при тестировании на предельных нагрузках выходили из строя [59].

Поскольку механизм совместного доступа, реализованный на оборудовании поставщика, зависит от сложных систем, поддерживающих рабочие нагрузки потребителей изолированными, существует риск нарушения безопасности. Получение уверенности

---

<sup>37</sup> Периметр безопасности является препятствием для получения доступа: объекты, находящиеся внутри периметра, могут осуществлять свободный доступ к его ресурсам; объекты, находящиеся за пределами периметра, могут получать доступ к ресурсам внутри периметра только по разрешению устройства контроля границ, которое следит за выполнением правил доступа. Хотя эти термины часто используются при обсуждении сетевых экранов и сетей, концепция периметра безопасности в действительности есть более общей и может использоваться как для отдельных экземпляров объектов, так и для описания границ между разными уровнями привилегий запущенного ПО, границ между приложениями и ОС. Сам по себе периметр безопасности не является достаточным механизмом обеспечения безопасности, но контроль периметра безопасности — важный элемент построения безопасных систем. Концепция периметра доступа используется для структурирования и характеристики различных моделей развертывания облаков [59].

в том, что логическое разделение служит подходящей заменой физическому, является давней проблемой исследований [59]. Острота этой проблемы может быть снижена шифрованием данных перед отправкой их в облако. Защищенность также можно достичь, разделив виды данных, обрабатываемых в облаке, либо договорившись с поставщиком облачных услуг о специальном механизме изолирования (например, аренда отдельной компьютерной системы вместо виртуальной машины (однопользовательское использование — *mono-tenancy*), шифрованные каналы связи (VPN), сегментированные сети и усиленный контроль доступа).

*Обеспечение конфиденциальности данных* потребителей — важный аспект использования облачных услуг. Конфиденциальность содержит понятия законности и ответственности, и должна рассматриваться не только как техническая проблема, но и с позиций права и этики. Механизмы обеспечения защиты конфиденциальности данных в компьютерной системе являются технической проблемой. При распределенном ИТ-ресурсе эта проблема усложняется в силу определения понятия ресурса, а также недостатка осведомленности потребителя о том, где конкретно хранятся данные и кто имеет к ним доступ или может его получить.

Существует также риск непреднамеренного разглашения данных. Зачастую обработка данных происходит таким образом, что одна и та же система обрабатывает критичную информацию (а также конфиденциальную и информацию, являющуюся собственностью фирмы) наряду с обработкой некритичной, общедоступной информации. Обычной практикой является отделение критичных данных от публичных путем размещения их в отдельных директориях системы или в отдельных почтовых сообщениях на сервере электронной почты. При таких действиях возможно непреднамеренное распространение критичной информации в результате ошибки персонала. Если потребитель, привлекая облако для некритичных вычислений, будет использовать преимущества безопасности находящихся там же ресурсов для критичной обработки, то необходимо позаботиться о хранении этих данных исключительно в зашифрованном виде.

Кроме того, для облаков требуется защита от посяганий злоумышленников или саботажа работоспособности. Организация работы в облаке предусматривает взаимодействие заинтересованных сторон (потребители, поставщики ресурса и множество администраторов). Возможность разделять права доступа для каждой



из этих групп ставит умышленные атаки в тупик, она является ключевой для сохранения целостности облака. Любое ограничение прозрачности работы механизмов в облачном окружении затрудняет проверку потребителем целостности находящихся в облаке данных и рабочих нагрузок.

*Целостность данных.* Использование облачных услуг переводит вопрос обеспечения целостности данных потребителя в плоскость договорных отношений с поставщиком. Выполнение всех технических аспектов обеспечения целостности данных потребителя возлагается на инфраструктуру и персонал поставщика.

Потребитель должен тщательно оценить соответствие договора обслуживания на наличие каких-либо отказов, связанных с безопасностью и критичностью обработки, а также обратить внимание на комментарии, где поставщик рекомендует независимое резервное копирование хранимых в облаке данных.

*Доступность арендованных услуг.* Вопрос доступности следует рассматривать в двух связанных аспектах: доступность канала связи и доступность облачных услуг. Поставщики обычно заявляют предлагаемую доступность в процентах общего времени безотказной работы, начиная от 99,5 % до 100,0 %. Это серьезная заявка, однако важно понимать то, как рассчитываются эти проценты. Часто процент определяется по числу временных интервалов, на которые разбит тарифицируемый период (или более длительный период, например год), в течение которого услуга недоступна (находится в состоянии «up») на протяжении всего интервала. Например, временные интервалы, используемые известными провайдерами, составляют 5, 15 и 60 мин. Так, если поставщик определяет интервал наличия 15 мин и обслуживание не функционирует в течение 14 мин, то использование этой метрики определяет, что 100 %-ная доступность сохранена.

Интуитивно «up» определяется как время реагирования службы, но в некоторых случаях, прежде чем услуга оценивается как недоступная, должно выйти из строя большое количество подсистем облака. Поставщики могут ограничивать обещания доступности, если сбои являются специфическими для определенных функций виртуальных машин.

*Безопасность частного облака.* Рассмотрим модель развертывания частного облака с арендой готовой инфраструктуры. Слабым звеном в этой модели является канал связи между зданиями потребителя и арендованной инфраструктурой. Канал связи должен удовлетворять требованиям конкретного предприятия к пропускной способности, доступности, конфиденциальности.

Во избежание остановки работы предприятия в результате отсутствия связи с арендованной инфраструктурой вопрос доступности решается дублированием каналов связи. Пропускная способность канала связи определяется величиной потоков данных, генерируемых пользователями и вычислительными задачами. Конфиденциальность передачи данных решается путем шифрования данных.

В случае выбора модели развертывания частного облака на собственном оборудовании большинство проблем исчезает. Владелец облака самостоятельно выполняет комплектацию оборудования инфраструктуры, установку и наладку ПО, планирует взаимодействие сотрудников предприятия и механизмы обеспечения безопасности. Для осуществления этих задач необходимы высококвалифицированные сотрудники, выполняющие работы по наладке и поддержке частного локального облака.

Обеспечение безопасности, реализуемое владельцем частного локального облака, такое же, как обеспечение, применяемое для защиты традиционных ИС. Перечень используемых механизмов безопасности согласует потребности организации с доступными ему техническими и административными возможностями. Меры защиты информации в государственных ИС некоторых стран приведены в [107—110].

Таким образом, угрозы функционированию ЦОД, в том числе и облачных, могут быть различны: от сетевой атаки до проникновения сторонних лиц в помещение, в котором размещены серверы дата-центра; от поломки одного из серверов или выхода из строя его комплектующих до потери электропитания и т.п. Вид угроз информационной безопасности непредсказуем и их достаточно много, для каждой из них есть своя уникальная система, инструмент защиты, которые, однако, не предлагаются в каком-то стандартном комплексе. В каждом конкретном случае необходимо использовать свой уникальный набор защитных средств и мер, пригодных для каждой конкретной инфраструктуры, поскольку и аутентификация пользователей, и шифрование как один из самых эффективных способов защиты данных, и защита данных при передаче, и множество других мер и методов не смогут обеспечить защиту ИС или ЦОД, например на физическом уровне.

При организации безопасности информации следует руководствоваться основными принципами организации защиты: системностью, комплексностью, непрерывностью, разумной достаточ-

ностью, гибкостью управления и применения, открытостью алгоритмов и механизмов защиты, простотой применения защитных мер и средств, а также придерживаться рекомендаций, полученных на основе опыта предыдущих разработок.

Как отмечено выше, безопасность использования облачных систем подвержена тем же факторам, которые свойственны традиционным ИС и ЦОД. В целом уровень безопасности зависит от модели развертывания<sup>38</sup> и опытности как персонала облачного поставщика, так и потребителя. В случае аренды облачных ресурсов безопасность серверной части, требующей обслуживания персоналом высокой квалификации, полностью обеспечивается поставщиком. Если у поставщика работает высококвалифицированный персонал, то можно рассчитывать на более высокий уровень защищенности расположенной в облаке ИС. Примером служит стратегия федерального правительства США по переносу вычислительных нагрузок в облачную инфраструктуру [111].

### ***2.3.1.5. Готовность мирового сообщества к потреблению ИТ-услуг и становление новой бизнес-модели в странах СНГ***

По данным, приведенным в работах [1, 104] со ссылкой на IDS и Gartner, в 2009 г. рынок облачных сервисов составил 17,4 млрд дол. США, в 2013 г. он достиг 44 млрд дол., т. е. 10 % всего ИТ-рынка, а в 2014 г. доходы от них достигли 148,8 млрд дол. США. Половина этого объема приходится на SaaS, но ожидается снижение доли этого компонента в пользу платформ PaaS и инфраструктур IaaS.

В зарубежных и отечественных научно-технических изданиях возрастает количество публикаций, посвященных как развитию облачных вычислений, так и практическому использованию облачных услуг или оценки проектных решений такого перехода. Так, компания SAP предоставила решения класса ERP по модели SaaS коммерческому лечебно-профилактическому учреждению Киева iqClinic. «Облачная» ERP-система — ПО как услуга была внедрена в управление компанией iqClinic в рекордно короткие сроки (сентябрь — октябрь 2011 г.). Кроме того, был использован такой функционал ERP, который необходим на данном этапе развития iqClinic, т. е. обеспечение централизации и объединения всего спектра бизнес-процессов управления под-

---

<sup>38</sup> Различия моделей развертывания облаков обусловлены размещением контролируемого пользователем периметра безопасности, следовательно, уровнем контроля, осуществляемым потребителем услуг относительно ресурсов, доверяемых облаку [59].

разделениями, информационной поддержки услуг и видов лечения на более высоком и современном уровнях.

Комплексное решение для группы клиник iqClinic использует отраслевую разработку Health2People<sup>39</sup>, которая представляет собой набор интегрированных приложений — от call центра к внутренней системе учета финансовых операций. Это позволило объединить все подразделения клиники в общее информационное пространство, обеспечить единый учет всего спектра предоставляемых услуг и видов лечения, исключить кассовые разрывы в операциях с денежными средствами, сократить количество ошибок и потерь данных, получить возможность анализировать эффективность работы всей клиники и каждого ее подразделения в режиме реального времени [112—114].

Использование ПО по модели SaaS дало возможность исключить из проекта один из наиболее трудоемких и затратных этапов: развертывание и настройка ИТ-инфраструктуры и ее компонентов у клиента, iqClinic получил доступ к необходимому функционалу и компонентам ERP-системы, которая развернута в дата-центре. В результате вместо масштабных начальных инвестиций на приобретение лицензий, дополнительного ПО и ИТ-оборудования, а также дальнейших регулярных затрат на поддержку и администрирование ERP-системы клиент ежемесячно оплачивает только доступ к выбранному функционалу ERP-системы. В случае необходимости можно задействовать больше возможностей системы без дополнительных усилий на ее внедрение, расширив список опций, за которые вносится абонентская плата [112, 113].

Приведем и другой пример, который может заинтересовать ИТ-специалистов по подготовке к миграции в облако [115]. Речь идет о проекте ГК (группы компаний) «Рольф»<sup>40</sup>, который включает в себя подразделения с разной спецификой бизнес-процессов. Бизнес территориально и географически распределенный, инфраструктура включает в себя 380 серверов, мощные хранилища

---

<sup>39</sup> Health2People — интегрированный набор приложений: мобильных (запись на прием, контроль назначений, поиск врача); инструментов самообслуживания (личный кабинет, кабинет врача, онлайн-консультация); медицинской системы (амбулатория, стационар, контакт-центр); финансов и учета (закупка, склады, финансовая отчетность). Система находится в промышленной эксплуатации с ноября 2011 г., имеет четыре рабочих места SAP ERP и 20 рабочих мест медицинского офиса [112].

<sup>40</sup> ГК «Рольф» — автомобильный бизнес, который специализируется на продаже автомобилей, их сервисном обслуживании и логистических услугах [115].

данных и систему резервного копирования. Большая часть центральных систем и серверов сосредоточена в серверном помещении, остальные распределены по дилерских центрах. Вследствие экономического коллапса компания начала искать способы оптимизации затрат на ИТ путем снижения реальной совокупной стоимости владения ТСО (total cost of ownership). Однако, как оказалось, ИТ-инфраструктура не только не могла быть оптимизирована, но и требовала дополнительных капиталовложений, хотя бизнес и сокращал расходы. Кризис приостановил плановое обновление парка оборудования и компания оказалась в ситуации, когда серверная была переполнена оборудованием в возрасте от трех до пяти лет, большую часть которого следовало заменить в ближайшие два года.

Строительство ЦОД и виртуальной инфраструктуры связано с огромными расходами и рисками, причем в непрофильной деятельности. Возникла проблема: строить или приобретать собственные мощности или использовать ИТ-услуги. Выбор был сделан в пользу облаков. Их преимущество — гибкость, масштабируемость и прозрачность расходов, в результате оплачивается только то, что используется. Это решение оказалось очень привлекательным для компании, поскольку для нее, как и для всего бизнеса, характерна импульсивность: строятся или закрываются точки продаж, исследуются новые области рынка и т.п. Сегодня требуется не только быстрая реакция на ситуацию на рынке, но и возможность отказаться от части мощностей [115].

Сделав необходимые оценки, компания приняла решение о переносе ИТ-инфраструктуры в облако внешнего провайдера. Из всех типов облаков было выбрано гибридное. Частное облако не способствовало бы решению проблем, поскольку в этом случае использовались бы и оборудование компании, и ее специалисты, а преимущества могли быть получены только от виртуализации. Кроме того, высокодинамичный бизнес часто требует быстрых, порой необычных решений, которые невозможно поддерживать услугами публичных облаков. При использовании гибридного облака компания получает свободу в адаптации систем, а за счет выноса части инфраструктуры в публичное облако оптимизирует стоимость услуг [115].

В качестве примера гибридного сервиса приводится услуга IaaS: «сервер как услуга» — сервер, виртуальный или физический, предоставляется в личное пользование компании, но его жесткие диски и система резервного копирования находятся в

облаке (в общей системе хранения данных), где находятся данные многих других заказчиков.

Для большинства серверов и систем компании приемлемой стала модель IaaS. При этом руководствовались [115] принципом: выбирать такой уровень, бизнес-кейс которого можно рассчитать, показав эффективность. Чем выше уровень услуги, тем выше должен быть уровень зрелости ИТ в компании, т. е. должно быть четкое понимание того, из чего состоят расходы на поддержку сервиса внутри компании и как повлияет на стоимость его перенос к провайдеру услуг. Кроме того, должен быть определен бизнес-план развития сервиса, количество изменений и качество (или наличие) процессов работы с ним.

С серверами несложно: подсчитать их реальную совокупную стоимость владения ТСО достаточно легко, а развития сервиса как такового вообще нет. Сложнее с выбором платформы PaaS или ПО по требованию SaaS, поскольку здесь не всегда очевидны тенденции развития бизнес-приложений, количество доработок и кастомизаций<sup>41</sup>, которые требует бизнес. Не всегда понятно, насколько рационально используется сервис в данное время, возможно, следует сначала привести все в порядок, после чего осуществлять перенос в облако. Кроме того, почти в каждой компании есть свой уникальный программный продукт, который не возьмется поддерживать ни один провайдер, поэтому для таких систем подойдет только IaaS или PaaS. Потребность в приобретении сервисов по этим моделям должна быть очень подробно рассчитана, в противном случае компания может понести немалые убытки, связанные с дополнительными изменениями в будущем или она может получить завышенный счет за нерациональное использование заказанного оборудования.

Учитывая все преимущества и недостатки модели SaaS, компания «Рольф» решила покупать электронную почту, антивирус и резервное копирование. Эти сервисы достаточно статические и не требуют большой доработки. На PaaS переводятся такие сервисы, как SAP HR<sup>42</sup>, серверы баз данных Microsoft SQL Server и

---

<sup>41</sup> Кастомизация — адаптация продукта под нужды конкретного пользователя.

<sup>42</sup> SAP HR организационный менеджмент — поддерживает моделирование организационных и отчетных структур, обеспечивая постоянную адаптацию этих услуг с учетом всех происходящих изменений. Проводит прозрачное отображение всех организационных и отчетных структур предприятия [116].

Оgасle при детальном подсчете модели затрат и оптимизации использования. Переводить на SaaS собственные бизнес-приложения эта компания не планирует, поскольку они постоянно изменяются и дорабатываются, поэтому их проще и выгоднее реализовывать силами компании. Все остальное переходит на модель IaaS с оплатой за сервер и гигабайт, если речь идет о хранении данных: почта тарифицируется по количеству почтовых ящиков определенного объема, а сервис резервного копирования — за гигабайт данных.

Заслуживают внимания работы [117, 118] о проекте создания корпоративного облака в Сибирском отделении (СО) РАН и о Центре компьютерного моделирования в облаке. Организации СО РАН географически распределены, поэтому жизненно необходимой является система передачи данных СО РАН — одна из крупнейших некоммерческих научно-образовательных сетей России. Она охватывает различные источники данных (например, космические и наземные датчики дистанционного наблюдения, высокотехнологичные приборы, ускорители, томографы), высокопроизводительные компьютеры, обрабатывающие эти данные, и рабочие места сотрудников. Во всех ее организациях спектр потребностей примерно одинаков. Это возможности поиска информации в сети, работы с текстами, обсуждения идей и результатов исследований, совместные научные проекты, показ в онлайн-режиме результатов исследований и прикладных разработок заказчикам и др. При сходности задач и наличии сетевой инфраструктуры, объединяющей институты СО, каждый из них до недавнего времени должен был самостоятельно искать подходы и инструменты к их решению<sup>43</sup>.

Система передачи данных рассматривается в СО РАН не только как средство доступа к Internet и организации взаимодействия, но и как инструмент создания научных организаций нового ти-

---

<sup>43</sup> Крупные организации могут позволить себе иметь собственную серверную и штат ИТ-сотрудников, но для большинства институтов расходы на поддержку ИТ-инфраструктуры либо невозможны, либо неоправданны. С одной стороны, внедрение средств автоматизации коммуникаций и инструментов управления необходимой для этого инфраструктурой позволит сделать повседневную работу сотрудников института более удобной и продуктивной, с другой — неизбежно повлечет за собой дополнительные расходы на повышение квалификации ИТ-персонала. В институтах затраты на ИТ, как правило, стоят не на первом месте, в результате ИТ-среда, в которой работают научные сотрудники, обслуживается плохо или не обслуживается, а возникающие вопросы им приходится решать самостоятельно.

па — распределенных исследовательских центров. Поэтому следующим этапом ее развития стало использование существующей телекоммуникационной инфраструктуры для создания частного корпоративного облака СО РАН, что соответствует потребностям и особенностям академической среды [117].

Созданное корпоративное облако способствовало частичному удовлетворению указанных выше потребностей организаций СО, в частности, было проведено централизованное развертывание электронной почты и объединенных коммуникаций. Помимо сервисов коммуникаций и совместной работы из облака проводится управление локальными компонентами ИТ-инфраструктуры, прежде всего рабочими станциями: централизованное развертывание, модернизация ОС и прикладного ПО. Эта работа оказывается для большинства институтов слишком затратной. Облако же обеспечивает возможности быстрого развертывания операционной среды пользовательских компьютеров, доставки приложений, мониторинга аппаратного и программного обеспечения и управления обновлениями. Работа в облаке позволяет добиться соответствия аппаратной и программной среды заданным требованиям, что значительно упрощает обслуживание инфраструктуры и внедрение новых решений.

Планируется дать пользователям шаблоны стандартных решений для быстрого развертывания внешних и внутренних порталов институтов, реализовать набор классических функций документооборота и предоставить возможность выделения вычислительных ресурсов по требованию, т. е. реализовать «инфраструктуру как услугу». Ведется работа по оказанию услуг на основе основных облачных моделей: IaaS, PaaS и SaaS. Основной акцент сделан на предоставлении ПО по модели SaaS.

Платформа корпоративного облака использует решения Microsoft, в частности, серверные компоненты систем электронной почты MS Exchange, объединенных коммуникаций Lync Server и порталов Sharepoint версии 2010. Используется единый для всех пользователей облака сервис каталогов Active Directory. Инфраструктура базируется на кластере из шести серверов (развернуто 36 виртуальных машин) и системы хранения данных EMC Clariion CX4-120. Виртуализация осуществляется гипервизором Hyper-V. Управление кластером проводится компонентом Microsoft System Center 2012 — Virtual Machine Manager. Использована система мониторинга аппаратных и программных компонентов System Center Operations Manager. Платформа позиционируется



как комплексное решение для управления услугами/сервисами в частном облаке. Расширение облака видят в добавлении в существующий кластер новых физических серверов, автоматического перераспределения нагрузки и увеличенного количества виртуальных машин [117].

Как отмечено в работе [117], корпоративное облако дает новые возможности тем, кто иначе бы их не получил, и облегчает внедрение тем, кто мог бы это сделать сам. В облаке реализуется набор стандартных средств для коммуникаций и сотрудничества, для управления ИТ, необходимый практически каждому институту, но доступный при традиционном подходе к развертыванию далеко не всем. Предоставив набор стандартных и управляемых услуг/сервисов, облако ставит всех в равное положение.

Облако рассматривается как платформа для создания и тиражирования стандартных решений различных задач. Ожидается, что наличие облачной платформы упростит распространение стандартных подходов. Одновременно СО решает не менее важную для академического сообщества задачу создания команды заинтересованных специалистов по высоким технологиям.

В работах СО [118, 119] речь идет о компьютерном моделировании научных и инженерных задач в облаке, точнее в Центре компьютерного моделирования (ЦКМ) SciShop в Internet [120]. ЦКМ воплощает проект по созданию и развитию новых форм передачи завершенных научных разработок программных комплексов. Суть этих новых форм заключается в том, что потребителю передаются на безвозмездной или коммерческой основе не комплексы, а услуги по их эксплуатации. На специализированном в области компьютерного моделирования web-портале [120] в режиме дистанционного доступа пользователь имеет возможность решать собственные научные задачи — непосредственно формировать задание на счет, инициализировать процессорные системы и получать численное решение. Такая форма имеет широкие перспективы ее применения в научных исследованиях и прикладных разработках, а также может использоваться для дистанционного обучения специалистов, аспирантов и студентов.

Проект по созданию ЦКМ ориентирован на развитие и совершенствование новых способов распространения научных знаний на базе современных информационно-коммуникационных технологий обработки, хранения, передачи и защиты информации. ЦКМ предназначен для реализации потребностей в коммерциализации научных продуктов и для решения фунда-

ментальных проблем, связанных с различными аспектами разработки и продвижения в системе Internet специализированного web-ресурса.

В настоящее время ЦКМ содержит ряд информационно-вычислительных комплексов решения задач в некоторых научных областях, таких как высокоскоростная внутренняя и внешняя аэродинамика, вычислительная астрофизика и др. Клиенту предоставляются также услуги/сервисы: доступ к библиотекам научных статей; к табличным и/или графическим базам данных, содержащим результаты моделирования большого спектра научных и прикладных задач; доступ к шлюзам для выхода на сайты ведущих журналов и др. [118—120].

К работам о внедрении облачной ERP-системы SAP в украинскую клинику iqClinic [112—114], о компьютерном моделировании в облаке [118—120] возникает вопрос [121, 122], причем здесь «вычислительное облако» если речь идет о хостинге? Не понятно, использовано ли самообслуживание по требованию, возможность динамического изменения ресурса, измеряемое обслуживание и другие атрибуты модели облачных вычислений, опубликованные NIST [58, 59]. Правда, ограниченный объем публикаций [112—114, 118—120] не позволяет однозначно судить о полноте или зрелости становления модели SaaS-приложения [61]. По этому поводу NIST [59], со ссылкой на [61], высказался вполне однозначно. Термин SaaS впервые был использован в 1990 г. и, таким образом, предшествует термину «облачные вычисления». SaaS также известен как «web-услуги». SaaS-приложение может быть реализовано различными способами, например, используя зрелую модель SaaS [61]. Большинство продвинутых архитектур SaaS представляются такими, что удовлетворяют определению облачных вычислений [59]. В то время, как существует возможность появления множества мало различающихся определений SaaS, уже сформулировано простое и практичное определение: «программное обеспечение, развернутое в качестве услуги на оборудовании поставщика, доступ к которому осуществляется через Интернет» [61].

Работы [112—114, 118—120] также интересны тем, что иллюстрируют положения, высказанные в [61], о модели становления или зрелости SaaS-приложения (см. п. 2.3.2, табл. 3 и рис. 13).

Нам представляется уместным именно здесь процитировать еще один фрагмент из [59]. Его суть сводится к тому, что обычно многие высказывания об облаках (например, облакам свойст-

венно масштабирование при очень больших нагрузках, облака заменяют капитальные затраты на текущие и т.п.) справедливы только относительно некоторых видов облаков. Во избежание путаницы NIST дает точное определение каждому такому высказыванию с указанием типа облака, к которому оно относится, т. е. каждое утверждение имеет свою «сферу использования».

Есть еще работы, направленные на организацию вычислительных ресурсов и развитие инфокоммуникационной инфраструктуры в научных центрах [123,124]. Так, в центре обработки данных Института космических исследований РАН [123] перспективные и быстро развивающиеся облачные вычисления рассматриваются как альтернатива Grid-ресурсам, предоставившим широкие перспективы кооперации при использовании вычислительных мощностей научных центров. Облако как средство консолидации и совместного использования вычислительных мощностей не имеет недостатков<sup>44</sup>, присущих Grid-вычислениям. Это представляется особенно привлекательным для тех областей научных вычислений, где зачастую время жизни проектов оказывается меньше, чем время жизни вычислительных систем, приобретаемых для их реализации. Так, освобождаются вычислительные мощности, которые следует эффективно консолидировать для решения новых научных задач. Появляется возможность миграции пользовательских процессов в целях балансирования нагрузки или повышения доступности пользовательских сервисов.

Кроме того [124], наряду с эффективно используемыми вычислительными ресурсами, успешное проведение научных исследований предполагает наличие современной информационной и телекоммуникационной инфраструктуры, способной обеспечить быстрый и эффективный доступ к научной информации, обмен ею с коллегами и возможность совместной научной работы. Большая часть исследований проводится коллективами, которые все чаще представляют собой виртуальные сообщества, члены которых работают в разных лабораториях и географически могут находиться далеко друг от друга. В связи с этим стратегически важным для научного сообщества является применение открытого ПО, распространяемого на условиях свободного лицензионного договора [125]. Использование открытого ПО дает разра-

---

<sup>44</sup> По своей сути Grid-вычисления остаются средством запуска пакетных заданий и, следовательно, не подходят для большинства типовых задач. В частности, у пользователя Grid-систем нет возможности работать с интерактивными приложениями, как и с приложениями-сервисами [123].

ботчику широкие возможности по запуску программ для любых целей, адаптации ее для своих потребностей, улучшения и распространения копий программы и др. Таким образом, помимо экономии средств на лицензионных отчислениях свободно распространяемое ПО позволяет создавать сложные, многокомпонентные системы, полностью соответствующие потребностям конечного пользователя [124].

В настоящее время существуют такие открытые программные проекты для создания облачных инфраструктур, как Eucalyptus [126], OpenStack [127], CloudStack [128]. Наиболее зрелым на сегодня выглядит проект OpenStack, стартовавший в 2010 г. в результате слияния проектов Nebula (организации NASA) и Cloud-Filesplatform (компании Rackspace). По сравнению с ним свободная версия Eucalyptus отстает в функциональности, а молодой проект CloudStack еще недостаточно стабилен [123].

OpenStack — широко масштабируемая облачная операционная система с открытым кодом, обеспечивающая через встроенную web-панель контроля относительно несложное управление значительным пулом вычислительных, накопительных и коммуникационных ресурсов. В самом общем виде она представлена на рис. 17. Эта система поддерживается основными ОС семейства LINUX (Ubuntu/Debian, RHEL/Fedora/CentOS) и предостав-

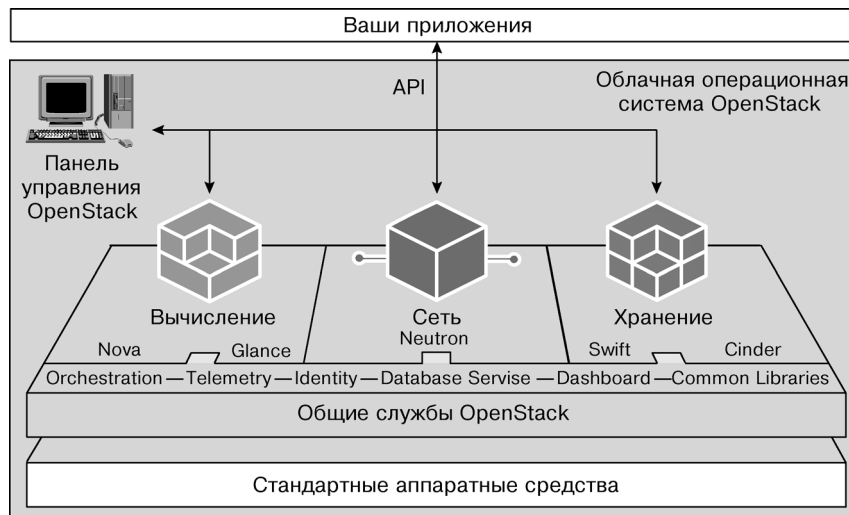


Рис. 17. Архитектура облачной операционной системы OpenStack

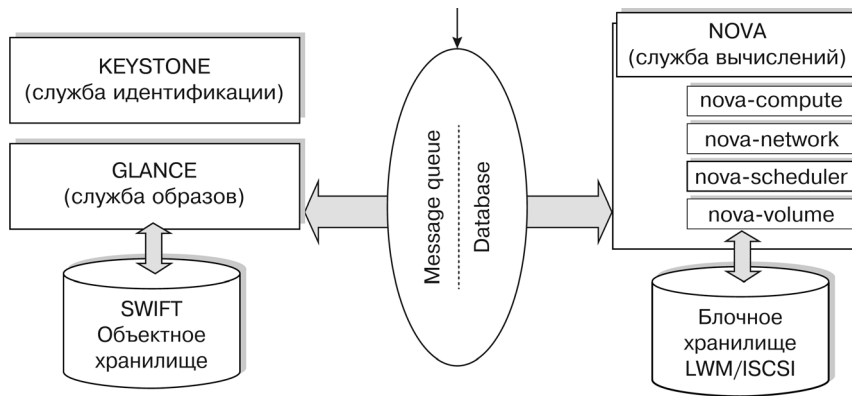


Рис. 18. Вариант вычислительного облака с OpenStack

ляет широкие возможности по применению информационных ресурсов по требованию пользователей путем создания и управления сетями виртуальных машин [127].

Заметим, что решения, основанные на технологиях OpenStack, не новы. В настоящее время они применяются в коммерческом продукте HP CloudSystem [129], а Европейская организация ядерных исследований CERN [130] использует несколько подобных решений [131].

На рис. 18 проиллюстрирован пилотный проект, развернутый по модели обслуживания «инфраструктура как услуга» в центре обработки научных данных Института космических исследований РАН [123] на основе открытого облачного ПО OpenStack. Архитектурно OpenStack представляет собой ряд функциональных сервисов, взаимодействующих посредством сервера сообщений и центрального реестра на базе реляционной СУБД. В состав OpenStack входят следующие компоненты.

1. Keystone — служба аутентификации и авторизации с использованием механизма токенов. Объектная модель службы Keystone поддерживает «многодоменность», что способствует масштабируемости на уровне подключаемых пользователей и организаций.

2. Nova — служба вычислений, управляющая жизненным циклом виртуальных машин. Она включает:

- Nova-compute — управляет экземплярами виртуальных машин и поддерживает все основные гипервизоры;
- Nova-network — настраивает сетевое окружение для виртуальных машин;

- Nova-scheduler — планировщик ресурсов, выбирает подходящий узел для запуска виртуальной машины;
- Nova-volume — служба блочных устройств для расширения дискового пространства виртуальных машин.

3. Glance — служба образов, управляет хранением образов, из которых потом разворачиваются виртуальные машины на вычислителях.

4. SWIFT — параллельное отказоустойчивое объектное хранилище, которое может использоваться совместно, например, со службой Glance для хранения образов виртуальных машин.

Механизм взаимодействия компонент OpenStack можно продемонстрировать на запуске ВМ. С консоли управления поступает команда, которая через сервер сообщений передается планировщику nova-scheduler. Планировщик находит подходящий вычислитель и передает управление работающему на нем агенту nova-compute. Последний обращается к сервису образов Glance и загружает на вычислитель образ ВМ. Затем он подготавливает на вычислителе образы виртуальных дисков и дает команду гипервизору на запуск ВМ. Далее к работающей ВМ посредством компоненты nova-volume могут быть подключены дополнительные тома, расположенные на блочном хранилище.

Развернутый по модели IaaS пилотный проект базируется на трех ключевых технологиях: открытая облачная ОС OpenStack, межсоединение по технологии Infiniband, централизованное разделяемое хранилище данных на базе файловой системы ZFS. Функции контроллера облака и хранилища данных сосредоточены на центральном многодисковом сервере с полезным дисковым пространством объемом 40 Тбайт и высокопроизводительным твердотельным дисковым КЭШем размером 360 Гбайт. В пространстве ZFS организованы наборы данных для объектного хранилища образов ВМ, блочного хранилища iSCSI, а также зона развертывания ВМ, монтируемая на вычислительные узлы по протоколу NFS через сеть Infiniband4xDDR 20Gbit/s [123].

Работа [132] посвящена созданию инструментальной среды для анализа данных секвенирования<sup>45</sup> молекул микроРНК. В ка-

---

<sup>45</sup> После публикации первого генома человека секвенирование ДНК превратилось в один из повседневных инструментов молекулярной биологии и стало рутинной процедурой. За последние годы появилось большое количество облачных сервисов, разработанных для анализа данных секвенирования. Большая их часть — это достаточно гибкие инструменты — отличается высокой коммерческой стоимостью, бесплатные же аналоги предос-

честве архитектуры для создания сервиса был выбран виртуальный кластер на базе системы организации облачных вычислений OpenStack. Облачные технологии хорошо подходят для подобных задач, поскольку позволяют гибко регулировать вычислительные мощности и объем системы хранения. При поступлении экспериментальных данных запускается необходимое количество виртуальных узлов кластера для их обработки, после завершения анализа выделенные ресурсы высвобождаются. Таким путем идут многие биоинформационные компании, когда строят сервисы на базе облаков Amazon или Rackspace.

Компонентами, которые отличаются от рассмотренной ранее инфраструктуры (см. рис. 18), являются:

- Torque — менеджер распределенных ресурсов для вычислительных кластеров, одна из современных версий Portable Batch System (система пакетной обработки заданий). Основная функция Torque — распределение вычислительных задач среди доступных вычислительных ресурсов. Вычислительные узлы (worker node) взаимодействуют с сервером заданий, получая задания на выполнение планировщиком (Maui);

- Maui (Maui cluster scheduler) — планировщик заданий в параллельных и распределенных вычислительных системах (кластерах). Позволяет выбирать различные политики планирования, поддерживает динамическое изменение приоритетов и исключения. Планировщик взаимодействует с клиентом заданий вычислительного узла, запрашивая информацию о состоянии системных ресурсов, а также с сервером заданий для получения списка заданий, доступных для выполнения. Он определяет, когда данное задание будет запущено и какие ресурсы ему будут выделены;

- Balancer — программная компонента, контролирующая нагрузку виртуального кластера. Контролируя задачи, поступающие в очередь задач Torque (от какого пользователя поступило задание, количество заданий, количество занятых вычислительных узлов), балансировщик может послать запрос к OpenStack Nova на запуск (выключение) дополнительных вычислительных узлов. В виртуальном кластере изначально определено максимальное количество вычислительных узлов. Выключенные вычислительные узлы определены состоянием «недоступен».

---

тавляют такие возможности, которых недостаточно для построения алгоритмов задач, кроме того, они имеют ограничения на входные объемы анализируемых данных.

Известны также примеры использования облачных технологий в дистанционном обучении [133, 134] и на службе библиотек [135]. Так, в работе [133] в качестве инструментального наполнения инфраструктуры облака используются существующие открытые программные системы создания учебных курсов, например Moodle, eFronde, Wiki, которые имеют хорошо развитую систему создания/управления учебным контентом. Для этого используются программные средства управления процессом обучения, которые реализуются в виде LMS (Learning Management System), и предметно ориентированного учебно-информационного ресурса, который создается с помощью CMS (Content Management System). Облако дистанционного обучения объединяет LMS и CMS. Это облако создается с привлечением открытых систем, таких как XCP (Xen). Для управления облаком можно также использовать OpenStack. Кроме того, в [133] отмечена возможность «построения собственного порталного решения».

В работе [134] поставлена более простая задача: ознакомить участников образовательного процесса с организацией совместной учебной деятельности, используя услуги из облака Google. Пособие содержит пошаговые инструкции для работы с одной из предоставляемых услуг: **Диск Google** (Google Drive) — облачное хранилище данных. Портал **Диск Google** помимо услуг хранения данных на серверах в публичном облаке и возможности делиться ими с другими пользователями Интернета допускает совместную работу над данными с применением тех или иных программ (бесплатных или платных) по выбору пользователя. Рассмотрено также использование **Документов Google** для организации сетевого взаимодействия, обработки цифровых фотографий программой Google Picasa, создания и управления блогом.

Потребность в облачных технологиях возникла и у библиотек. Так, на конференции «Информационно-мультимедийные технологии в современной библиотеке: вектор развития» [135] отмечалось, что облака могут дать возможность библиотекам удовлетворить постоянно растущие требования читателей к библиотечным сервисам, в том числе и в сети информационного обслуживания сельской местности. Однако на сегодня предлагаемые решения в большей мере соответствуют возможностям облачных технологий, нежели потребностям библиотек. Кроме того, обсуждались вопросы построения библиотечной деятельности на примере функционирования облака сети СО РАН. В рамках пилотного проекта упор был сделан на технологии Google



Disk, позволяющие поддерживать ряд основных наиболее востребованных библиотечных функций. Был представлен проект виртуального читального зала как формы дистанционного обслуживания читателей.

Интересна и работа [136], в которой прогнозируется влияние облачных технологий на потенциал научного сообщества. В частности, постулируется, что облако, расположенное за пределами научной организации, предоставляет ученым возможность приобретать вычислительные ресурсы по требованию. Организации могут покупать нужные в данный момент услуги для обработки и анализа данных вместо того, чтобы бесконечно обновлять ИТ-инфраструктуру.

Вычисления в облаке влияют на проведение фундаментальных научных исследований, т. е. на способность обеспечивать удобный доступ к большим коллекциям данных, распределенных географически, и выполнять вычисления любого масштаба. Расширение возможностей облачных приложений, мощных и удобных в использовании на любом клиентском устройстве, в том числе и мобильном, значительно увеличит потенциал всего научно-исследовательского сообщества. В итоге это приведет к демократизации исследовательских возможностей [136]. Ученые смогут обмениваться данными и средствами анализа, формируя объединенные научные сообщества.

В разработках и использовании облачных технологий достигнут определенный прогресс, однако «открытую дорогу» для таких технологий мы еще не наблюдаем, поскольку содержательная ограниченность дискуссий, связанных с такой проблемной, может искусственно сдерживать развитие такого важного направления технологического развития.

Исследования подтверждают преимущества облачных технологий при их взаимодействии с другими перспективными ИТ, прежде всего интеллектуальными.

Интеллектуальные ИТ — это высокие, наукоемкие ИТ. В отличие от известных они обладают интеллектом, способностью эффективно использовать знания, данные, интеллектуальный ресурс в целом для решения социально-экономических, научно-технических, инновационных и других задач развития и управления.

Интеллектуальные технологии обеспечивают не только обработку данных, они логически мыслят, понимают человеческую речь, взаимодействуют с внешней средой, качественно видеоиз-

меняют диалог с компьютерно-телекоммуникационными и информационными средами.

Эти и другие функциональные особенности интеллектуальных ИТ в комплексе с облачными технологиями позволяют достаточно быстро создавать и развивать распределенные информационные ресурсы различного уровня и назначения, чем достигается выбор экономических инфраструктур и моделей информатизации в рамках общих программ создания и развития информационного общества.

Среди приоритетных проектов следует выделить альтернативные электронные модели образования, соответствующие требованиям всеобщего доступа к обучению, непрерывности и трансграничности [137]. В рамках проектов электронного правительства, электронного взаимодействия структур различных форм собственности особо важны модели, обеспечивающие прозрачность и коллективное электронное управление [138].

Реализация этих проектов, в частности, требует переноса рабочих мест сотрудников в офисных и других подразделениях в виртуальную среду облачных решений, или на виртуальные десктопы (см. приложение Б). Например, предоставление индивидуальных настольных компьютеров (ПК) в виде услуги. Формируются ПК за счет виртуализации ОС, приложений и данных пользователя. Конечные пользователи могут получать доступ к своим приложениям и данным с разных клиентских устройств, вплоть до мобильных устройств, и через любые сетевые подключения. Наряду с экономическим аспектом упрощается управление ИТ-инфраструктурой и обеспечивается ее информационная защита прежде всего за счет централизованного хранения данных.

Здесь уместно отметить, что с учетом существенных изменений в ИТ, привнесенных облачным компьютерингом, в опубликованной стратегии Федерального правительства США по переносу управленческих информационных систем в облако [111] рассматривались услуги облачного вычислительного сервиса по запуску мощностей, необходимых для обслуживания миллионов пользователей и сокращения собственной инфраструктуры дата-центров. Допускалось применение всех моделей развертывания облаков и признана возможность использования альтернативных облачных услуг для повышения общего уровня безопасности, в том числе традиционных государственных центров обработки данных.

Приведем еще одно заслуживающее внимания сообщение, предостерегающее о риске облачных решений [139]. В нем прогнозируется начало масштабных процессов консолидации на рынке облачных услуг. В ближайшее время около четверти компаний из числа ста крупнейших облачных провайдеров мира разорятся или будут куплены (заявлено аналитиком Gartner Data Center Вильямом Маурером на конференции<sup>46</sup>). Клиентам облачных сервисов придется учесть высокий риск исчезновения их провайдера, поэтому некоторые из них могут предпочесть работу с крупными компаниями, но мелкие провайдеры, возможно, предложат более выгодные условия и дополнительные гарантии. В этой ситуации потребителям не следует оказывать слишком большое давление на поставщиков услуг, поскольку они (потребители) на данный момент заинтересованы в выживании обслуживающих их провайдеров.

Участники конференции отнеслись к этой точке зрения о риске облачных решений по-разному: почти 50 % из них указали, что откажутся от перехода к облачным технологиям при высоком уровне риска; 33 % — при среднем, а 12 % — даже при малом. Несмотря на это, в Gartner полагали, что к концу 2013 г. 80 % организаций будут в той или иной мере использовать облачные сервисы.

Однако в сообщении, приведенном в [139], утверждается, что новая бизнес-модель предоставления масштабируемых вычислительных ресурсов в виде услуги для решения широкого спектра задач в профессиональной сфере потребителей без необходимости приобретения ими и управления дорогостоящими ИТ-активами оказалась настолько привлекательной, что ее развитие не остановили ни неоднозначное толкование понятий и терминологические споры, ни возможные угрозы информационной безопасности. Привлекательность модели в ее осознанной целесообразности и экономичности. Это обусловлено тем, что сферы притязаний потребителей и производителей услуг разделены. Что касается защиты данных<sup>47</sup>, то при грамотном, профес-

---

<sup>46</sup> Gartner Data Center Conference (Лас Вегас, 9—12 дек. 2013 г.).

<sup>47</sup> До появления технологий и систем защиты информационной безопасности DLP (Data Loss Prevention) продукты, которые занимались информационной безопасностью, в действительности защищали не информацию, а инфраструктуру — места хранения, передачи и обработки данных [140]. С появлением DLP-продуктов информационные системы научились отличать конфиденциальную информацию от неконфиденциальной.

сиональном подходе обеих сторон к решению этого вопроса потенциальные риски можно существенно снизить [141]. Взамен — развитые прогрессивные механизмы, позволяющие интенсифицировать исследования, создавая инфраструктурные облачные решения распределенных информационных систем в различных областях знаний; эффективно используемые вычислительные ресурсы и инфокоммуникационные инфраструктуры в научных центрах, в том числе и конвергентные (Converged Infrastructure, CI) [142, 143]; платформы для геораспределенных виртуальных научных сообществ — виртуальных лабораторий, объединенных общей проблемой и коллективно работающих над ее решением; облачные платформы для геораспределенных вычислительных систем различного назначения и др.

Таким образом, авторами данной монографии были высказаны иные взгляды и предложены подходы для оценки и использования новых информационных технологий обработки данных и информации [99, 144, 145]. Эти аналитические выводы сыграли существенную роль при разработке новых интеллектуальных информационных технологий [145—158].

# ПЛАТФОРМА GEORАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

### 3.1. ПРЕДПОСЫЛКИ К ВЫБОРУ ПЛАТФОРМЫ

В настоящее время все чаще реализация различного рода и назначения ИТ-систем происходят с использованием облачных решений [144, 159]. Это программные решения систем управления бизнесом CRM и ERP [87, 112]; создание научных организаций нового типа — распределенных в пространстве исследовательских центров [159], виртуальных коллективов, использующих разные ресурсы, в том числе и геораспределенные, при решении общей задачи [124], центра обработки научных данных на платформе «инфраструктура как сервис» [123, 124]; компьютерное моделирование научных и инженерных задач в «облаке» — новые формы передачи завершенных научных разработок программных комплексов в виде услуг по их эксплуатации [118]; создание инструментальной среды для анализа данных секвенирования молекул микроРНК на базе облачных сервисов [132] вплоть до привлечения услуг вычислительного облака для обработки и анализа данных, расположенного за пределами научной организации, вместо бесконечного обновления ИТ-инфраструктуры [136] и др.

### 3.2. ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ

Как следует из изложенного, подходы здесь различны — от завершенных программных сред, предоставляемых потребителю по сервисной модели SaaS, до инфраструктуры по модели IaaS [59, 145]. В последнем случае потребителю предоставляются средства обработки и хранения данных, сетей и других базовых вычислительных ресурсов, используя которые он может развертывать и выполнять произвольное ПО, включая операционные системы и приложения. Кроме того, он может контролировать ОС, средства хранения, развертываемые приложения и, возможно, владеть ограниченным контролем над выбранными сетевыми компонентами [59].

В случаях, когда потребитель вычислительных ресурсов имеет свой парк компьютеров, разрозненных, рассредоточенных по подразделениям и требующих периодического обновления, возможно иное решение, обусловленное низкой эффективностью затрат на дорогостоящую технику и ПО вследствие их разобщенности, неравномерной загрузки и неразвитого сервиса (отсутствие, как правило, централизованного управления локальными компонентами ИТ-инфраструктуры, мониторинга оборудования и ПО, управления обновлениями и т.п. и, как следствие, повышение эксплуатационных расходов). Неизбежное бесконтрольное разрастание инфраструктуры еще больше усугубляет положение.

Выходом из создавшейся ситуации, как это ни парадоксально, может служить концентрация вычислительных ресурсов и привлечение новых прогрессивных технологий, в частности виртуализации в широком смысле этого понятия и облачных решений, обеспечивающих динамическое перераспределение ресурсов [145, 160]. Ресурсы можно представить в виде трех основных компонент: вычислительные средства, система хранения данных (СХД), средства коммуникации и сети. Технологии виртуализации позволяют собирать компоненты в единый пул с последующим гибким перераспределением этих ресурсов для их эффективного использования. Так, замена физических машин на виртуальные позволит поднять эффективность использования процессорных ресурсов серверов за счет одновременного запуска на одной физической машине одной или разных версий ОС, давая серверу возможность выполнять сразу несколько задач. Виртуализация сети, достигаемая архитектурной моделью SDN (software-defined network — программно-конфигурируемые сети) путем разделения функций управления и переадресации, позволяет организовывать более гибкую и мобильную сетевую инфраструктуру. Традиционные сети сконфигурированы статически, и любое изменение сетевой конфигурации требует ручного вмешательства, в то время как во многих современных задачах сетевая инфраструктура должна оперативно изменяться, адекватно реагируя на поступающие запросы [161, 162].

Предлагаемое решение не ново, оно сродни конвергентным инфраструктурам (CI) [142, 143]. Их характерная особенность в том, что технология CI прежде всего позволяет собрать вместе вычислительные мощности разобщенных серверов, СХД, сетей и коммуникационного оборудования в пул ресурсов. В состав ресурсного пула могут быть включены как виртуальные, так и фи-

зические ресурсы, например сервера с установленными приложениями, которые нельзя мигрировать в виртуальную среду. СІ — это прежде всего централизация и виртуализация, которые позволят получить наибольшие преимущества от последней и обеспечить максимальную динамичность.

Обычно под конвергентной инфраструктурой понимают общее законченное решение, собранное из взаимодополняющих готовых компонентов и специального ПО для управления инфраструктурой, включающего среду разработки и автоматизации процессов управления виртуальной инфраструктурой — Orchestrator [145]. Управляющее ПО обеспечивает централизованное управление обычно виртуализованными и объединенными в общие пулы ресурсами, распределяемыми между различными приложениями, что повышает экономическую эффективность и снижает стоимость эксплуатации. Обычно называют три основных стимула к использованию СІ: моральное и материальное старение данной инфраструктуры, зрелость технологий виртуализации, признание неоспоримых преимуществ частных облаков [145]. Конвергентные инфраструктуры получили стремительное развитие, крупные корпорации на рынке ИТ включили СІ в зону своего внимания.

Динамические инфраструктуры облака позволяют по-новому рассматривать функционирование геораспределенных систем. Из известных моделей развертывания [59] только локальному частному облаку присуща ограниченность ресурсов, определяемая ожидаемой максимальной нагрузкой. И только в случае, когда поддерживается достаточное разнообразие нагрузок, локальное частное облако, вероятно, может обеспечить эластичность для клиентов организации в пределах заявленной мощности. Гибридное же облако образует композицию из двух и более облаков (общественных, публичных или частных), остающихся уникальными по сути, но объединенными вместе стандартизированными или проприетарными технологиями, обеспечивающими переносимость (portability) данных и приложений между облаками (например, пакетная передача данных для балансировки нагрузки между облаками) [59].

В пределах этой композиции из облаков — распределенной, в том числе и географически, компьютерной среды, физические ресурсы которой организованы в виде пула с возможностью динамического назначения и переназначения различных физических и виртуальных ресурсов в соответствии с потребностями, можно перераспределять вычислительные мощности. Это, на наш взгляд,

именно такая ситуация, которая необходима современным геораспределенным системам и виртуальным производствам, — «перемещать» рабочие нагрузки между площадками, организовывать виртуальные коллективы, центры научных исследований без необходимости приобретения и развертывания дорогостоящих ПО и оборудования с возможностью привлечения информационных ресурсов разных географических локаций. Перемещение ресурсов, как и их организация в пул, оперативная эластичность (rapid elasticity), т.е. способность быстрого изменения вычислительных возможностей как в сторону увеличения, так и уменьшения, в зависимости от масштабов потребления, проводится специальным ПО, присущим облачным ОС (см., например, [127—131]). Это позволяет выделять ресурсы под рабочие нагрузки, не привязывая задачи к конкретному оборудованию и масштабам его ресурсов.

### **3.3. МЕХАНИЗМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ОБЛАКА**

В работе [59] приведен механизм управления динамическим перераспределением ресурсов облачной инфраструктуры под возникающие нагрузки. Этот механизм в виде многоуровневой абстрактной модели IaaS инфраструктуры облака проиллюстрирован на рис. 19. IaaS облака — это компьютерная система для динамической аренды ресурсов. Пользовательские запросы и команды поступают на верхний уровень системы и перенаправляются вниз на уровни, которые или отвечают на запрос, или выполняют команду. Поток отчетов о состоянии в обратном направлении возвращается к пользователю. В случае необходимости привлечения извне дополнительных ресурсов или расширения облака менеджер облака подключается к скоростному Интернету. Общение между компьютерными менеджерами является, как правило, локальным и высокоскоростным.

На верхнем уровне менеджер облака ответствен за учетные записи пользователей и высокоуровневое распределение ресурсов в общем облаке. На среднем уровне менеджеры ( $МК_j$ ) наряду с локальными блочными хранилищами (PLS) ответственны за компьютеры в кластерах и их взаимосвязи. Нижний уровень ответствен за запуск ВМ на индивидуальных компьютерах — менеджеры  $КМ_j$ . Конкретная реализация может разделить и рас-



### 3.3. Механизм динамического перераспределения ресурсов облака

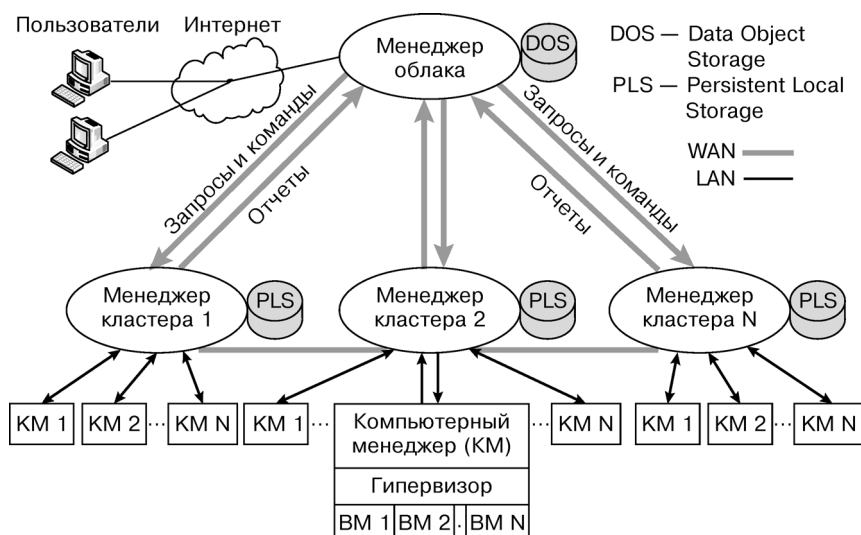


Рис. 19. Логическая облачная архитектура IaaS

параллелировать некоторые компоненты для повышения производительности, а также ввести больше промежуточных слоев для дополнительного согласования или разместить хранилища в сетях, отличных от тех, что указаны в абстрактной модели [59].

Менеджер облака (МО) является точкой публичного доступа к облаку и, координируя действия с объектным хранилищем (DOS), обеспечивает аутентификацию и авторизацию пользователей. Пользователи в соответствии с учетными записями управляют арендованными ресурсами. Использование сервиса DOS позволяет отслеживать правильность идентификации пользователей для того, чтобы разрешить им выполнять административные действия в хранилище и выставить счет за потребленные услуги. Непременным условием для DOS является доступность его услуг для ВМ облака и систем вне облака. Это ограничение подразумевает непосредственное размещение DOS с менеджером облака и предоставление им доступа к глобальной вычислительной сети.

Менеджер облака также выполняет размещение ресурсов на верхнем уровне, когда потребитель дает команду арендовать значительное количество ресурсов. При этом он должен определить, имеется ли в облаке достаточное количество ресурсов, чтобы удовлетворить запрос, и при положительном исходе проверить, какой компьютерный менеджер (или менеджеры) имеют

ресурсы или их часть. Если запрос может быть удовлетворен, то МО должен распределить ресурсы среди участвующих МК<sub>j</sub> и координировать установку виртуальной сети так, чтобы потребитель имел равнозначный доступ ко всем ресурсам. МО также будет приводить в действие любые глобальные политики, регулирующие запросы к ресурсам.

Менеджер кластера (МК<sub>j</sub>) отвечает за работу группы компьютеров, соединенных высокоскоростной сетью. Компьютерный кластер может содержать десятки и сотни компьютеров. МК<sub>j</sub> получает команды на размещение ресурсов и запросы от менеджера облака и определяет, какую часть запроса или весь запрос он может удовлетворить, используя ресурсы компьютеров кластера. Менеджер кластера запрашивает у менеджера компьютера (КМ<sub>j</sub>) доступность ресурсов и возвращает сообщение МО. Если затем МО дает команду на выделение ресурсов, то МК<sub>j</sub> инструктирует компьютерного менеджера относительно распределения ресурсов и перенастройки виртуальной сетевой инфраструктуры для предоставления потребителю равномерного доступа ко всем компьютерам.

Каждый менеджер кластера (см. рис. 19) присоединен к постоянному локальному хранилищу (PLS)<sup>48</sup>. Виртуальным маши-

---

<sup>48</sup> Блочное хранение данных, например, Cinder в системе OpenStack представляет собой одноименный сервис [163]. Блочное хранение в облаке — это принципиально новый концепт: высокопроизводительный сервис, который позволяет OpenStack снабжать пользователя любыми необходимыми данными на постоянной основе. Cinder отлично абстрагирует разные типы хранилищ данных. Одно из главных преимуществ программно-управляемого хранилища — это возможность абстрагироваться от разных типов хранилищ и старых API и превращать их в единый ресурс. На вопросы: «Существует ли такое, о чем бы вы хотели проинформировать людей и есть ли какие-то скрытые преимущества, о которых люди не знают?» Руководитель проекта [163] ответил: «Нет. Но я считаю, что люди все еще воспринимают службу работы с блочными устройствами хранения данных как постоянное хранилище, к которому можно прикрепить какой-либо компонент и использовать для тестирования или разработки приложений. В действительности вы можете перенести приложения и рабочие задачи и получить реальную производительность, в том числе для электронной коммерции, баз данных и прочего».

Напомним, что при изменении содержимого файла в блочной системе происходит копирование исключительно образа измененного блока. При создании копии файла дублирующие блоки удаляются, сохраненными остаются только измененные блоки данных. Это позволяет уменьшить размер копии и объем данных. Другая особенность блочного хранения — дископодобное хранилище с высокой скоростью работы.

нам необходимо постоянное дископодобное, блочное хранилище для хранения образов ВМ на время их отключения. Наиболее приемлемым местом для PLS является МК<sub>г</sub> со скоростным соединением с ВМ (например, 10GB Ethernet). На размещение положительно влияет и тот фактор, что хранилище не зависит от какой-либо компьютерной системы.

На нижнем слое иерархии компьютерный менеджер кооперируется с гипервизором, который запускается на каждой компьютерной системе в кластере. В ответ на запросы менеджера кластера КМ<sub>г</sub> возвращает отчет с информацией о количестве запущенных и свободных ВМ. Используя командный интерфейс гипервизора, КМ<sub>г</sub> в соответствии с исходящими от менеджера кластера командами перенастраивает ВМ (запуск, остановка, приостановка) и настраивает конфигурацию локальной виртуальной сети. Он также отвечает за оптимизацию передачи сетевых пакетов разными ВМ, запущенными на одном гипервизоре, направленную на увеличение производительности [59].

Таким образом, работа инфраструктуры облака IaaS — это циклический процесс потока потребительских запросов, проходящих по иерархии, и потока ответов, возвращающихся потребителю. Последние помимо предоставленных им в пользование ВМ могут получить непосредственный доступ к серверу хранения данных в облаке. Несмотря на то, что совокупные всплески и падения запросов должны быть менее выраженными по сравнению с аналогичными параметрами индивидуальных пользовательских запросов, облако в ряде случаев может использоваться не в полной мере. Тогда миграция пользовательских нагрузок с одной компьютерной системы на другую, с одного кластера на другой будет стратегией, которая сможет сконцентрировать потребительскую нагрузку на уже загруженных машинах и выключить другие сервера, чтобы уменьшить расходы на их содержание и провести техническое обслуживание.

Мобильность виртуальных машин — это важный инструмент при возникновении неизбежной необходимости замены оборудования без масштабных отключений. Кроме того, провайдеры могут использовать виртуализацию для прозрачного добавления новых мощностей в виде дополнительных компьютеров в кластерах или дополнительных кластеров для удовлетворения растущих нагрузок.

### 3.4. ОБЛАЧНЫЕ РЕШЕНИЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ НАУЧНЫХ ДАННЫХ И ИССЛЕДОВАНИЙ

Примером облачного решения может служить проект Многоцелевого комплекса обработки научных данных и исследований (МЦ КОНДИ или по тексту Многоцелевой комплекс) Международного научно-учебного центра информационных технологий и систем (рис. 20). МЦ КОНДИ неоспоримо будет эффективен при разработке ресурсоемких интеллектуальных ИТ, основанных на государственных научно-технических программах [99]. Это прежде всего решение оптимизационных задач в экономике, структурное распознавание образов [147, 150], разработка речевых информационных технологий [155—158], новых технологий в биологии и медицине [148—154], обработка сигналов сложной формы [149—152], управление в робототехнике [164, 165] и многое другое.

Интеллектуальные ИТ — это высокие, наукоемкие ИТ. Основным свойством интеллекта является способность к самообучению. Таким образом, интеллектуальным ИТ должно быть присуще умение изменять модель поведения при воздействии различных наборов внешних возмущений. Они обладают способностью эффективно использовать знания, различные данные, интеллектуальный ресурс в целом для решения социально-экономических, научно-технических, инновационных и других задач развития и управления. Эти и другие функциональные особенности интеллектуальных ИТ позволяют достаточно быстро создавать и развивать распределенные информационные ресурсы разного уровня и назначения, чем достигается выбор экономических инфраструктур и моделей информатизации в рамках общих программ создания и развития информационного общества [145].

Современные исследования в значительной степени базируются на математическом (компьютерном) моделировании, которое для многих академических учреждений и исследовательских организаций служит основным инструментом, базовой вычислительной инструментальной средой проводимых исследований [166, 167]. В этом контексте МЦ КОНДИ представлен рядом моделирующих комплексов, направленных на исследование и разработку процессов обучения, электронного управления, информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и др. В обучении следует выделить альтернативные электронные модели образования, соответствующие требованиям всеобщего доступа к обучению, непрерывности и трансграничности [137, 138].

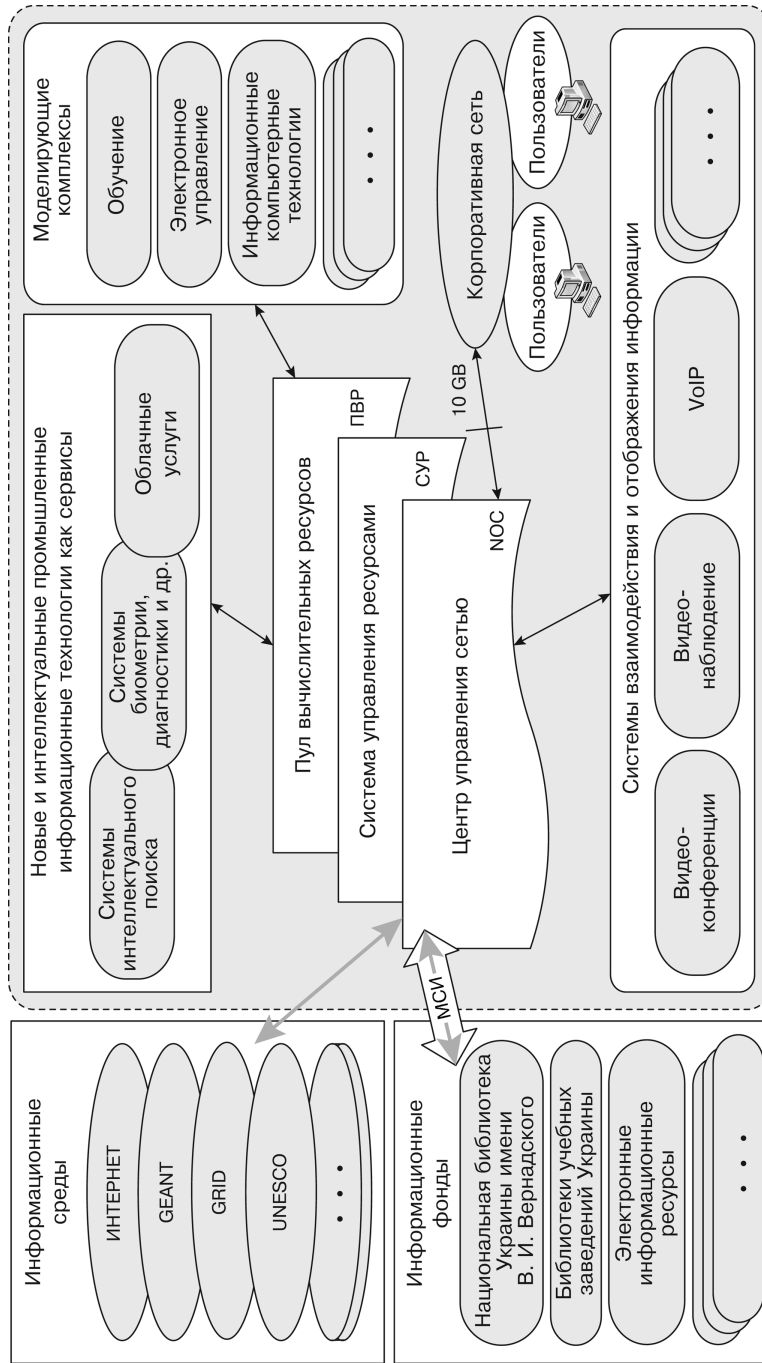


Рис. 20. Функционально-логическая схема МЦ КНДИ

В рамках задач электронного управления рассматриваются проекты электронного правительства, электронного взаимодействия структур разных форм собственности, в которых особую значимость приобретают модели, обеспечивающие прозрачность и коллективное электронное управление [145]. Интеграция разнородных систем в гетерогенной среде широкополосных сетей, интеллектуальное управление в современных высокоскоростных сетях следующего поколения выдвигают первоочередные задачи по созданию знание-ориентированных интеллектуальных ИКТ: разработка моделей, алгоритмов и методов семантической интероперабельности; семантический поиск, распознавание и интерпретация объектов информационного пространства на основе онтологического представления знаний о предметной области [168].

Кроме того, моделирующие комплексы позволят выполнить такие необходимые для народного хозяйства разработки, как создание и/или исследование моделей тех или иных природных явлений [28, 169], технологических систем различной конфигурации и степени сложности, разработку и отладку специального программного обеспечения, работы по оптимизации решения ряда практических задач и др.

В настоящее время исследования, моделирование большинства задач, дистанционное обучение, функционирование виртуальных коллективов и т. д. невозможны без взаимодействия с информационными средами (см. рис. 20), характеризующимися многократно возросшими объемами разнородных данных и информационной насыщенностью, их тесной взаимосвязью с рассматриваемой проблематикой. Этому в немалой степени способствовало массовое появление высокоскоростных каналов связи и развитие высокопроизводительных коммуникаций. Например, доступность в Украине сетей GÉANT<sup>49</sup> и Grid [170—173]; создание национальной сети ChANT (Chernogolovka Academic Network) для информационно-технологического обеспечения фундаментальных научных исследований [174] со статусом LIR<sup>50</sup>.

---

<sup>49</sup> GÉANT — Европейская мультигигабитная научно-образовательная сеть, объединяющая более 8000 научных центров и более 40 млн пользователей. Сеть GÉANT позволяет всем ее участникам проводить совместные научные исследования, кооперироваться для научной деятельности и внедрять образовательные программы.

<sup>50</sup> Технически это означает самостоятельную маршрутизацию потоков информации сети ChANT с другими сетями, составляющими глобальную сеть Интернет [174].

Можно сказать, что сети создали инфраструктуру для новых развивающихся информационных технологий и процессов обучения.

Кроме того, исследования должны опираться на электронные ресурсы информационных фондов Национальной библиотеки (см. рис. 20) и библиотек учебных заведений Украины, видеоматериалов, Фонда технологий и интеллектуальной собственности и др.

Исходя из того, что непосредственное общение играет немаловажную роль, неизменным атрибутом процессов обучения (в том числе дистанционного), функционирования распределенных виртуальных коллективов, проведения семинаров, международных научных конференций и т. д. должны быть голосовая VoIP и видеоконференцсвязь. Реализация последней связана с определенными трудностями, обусловленными противоречиями между конкретными требованиями к разрешению видео, определяющему плотность видеопотока, и ограниченной пропускной способностью каналов связи и производительностью систем обработки мультимедиа трафика. Это противоречие усугубляется с ростом числа пользователей. При выборе той или иной платформы разработки видеоконференцсвязи или уже готовых к использованию аппаратных систем должна быть уверенность в том, что будут соблюдены интероперабельность в распределенной среде партнеров и возможность реализовать поставленные задачи. Это означает использование системы на разных масштабах: индивидуальное общение; видео-лекция с использованием многих экранов или большого экрана с высоким разрешением; отображение результатов моделирования на экране формата 4K; конференция международного масштаба с передачей информации от всех участников к каждому и т.п. Вопросы выбора видеоконференцсвязи рассмотрены в гл. 4.

Положительным опытом реализации видеосистем для совместной работы виртуальных коллективов, проведения распределенных видеоконференций и семинаров могут служить широко распространенная программная система Skype и среда Access Grid [175, 176], представляющая инструментарий для создания средств аудиовизуального общения. ПО AccessGrid является мультиплатформенным решением и предоставляет программный интерфейс для создания средств коллективной работы. Она использует распределенную модель обработки информации, что при открытом программном коде позволяет наращивать возможности системы включением дополнительных аппаратных и программных компонент. Основным средством передачи аудио- и

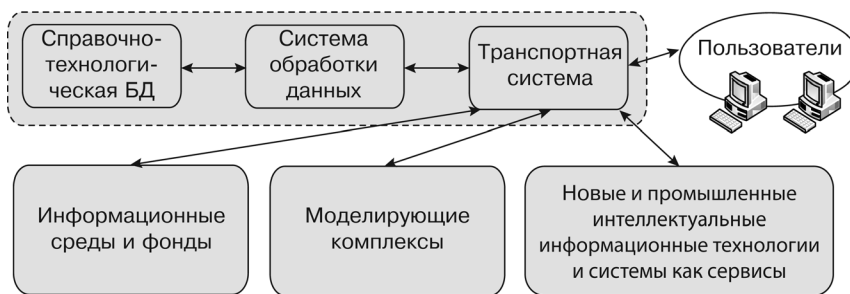


Рис. 21. Схема взаимодействия NOC с компонентами комплекса

видеоинформации выбран протокол многоадресной рассылки. Для этих целей в AccessGrid разработан специальный сервер [175].

Корпоративная (кампусная или локальная) сеть организации (см. рис. 20) обеспечивает доступ пользователей к ресурсам комплекса и к внешнему миру, включая международные информационные среды, в том числе GEANT, Grid, UNESCO. Центр управления сетью NOC (Network Operational Center)<sup>51</sup> кроме стандартных задач мониторинга и разграничения доступа наделен функциями коммутации системы взаимодействия и отображения информации в зависимости от задач, выполняемых комплексом, и определенной интеллектуализации взаимодействия пользователей и подсистем Многоцелевого комплекса. Например, пользователь может выполнять определенные операции на моделирующем комплексе, в процессе которых последний, пользуясь справочно-технологической БД NOC, формирует адресные запросы к информационным фондам и использует полученную информацию для выполнения операций, заданных пользователем (рис. 21). Справочно-технологическая БД поддерживается в актуальном состоянии посредством служебных запросов к информационным фондам и средам.

Состав функциональных компонент Многоцелевого комплекса, организованных в виде пула вычислительных ресурсов (ПВР), СУР, обеспечивающая распределение этих ресурсов по запросу поль-

<sup>51</sup> В традиционном понимании центр управления сетью NOC — здание либо помещение, где расположены управляющие системы. Из него проводится весь комплекс мероприятий по управлению и мониторингу телекоммуникационной или компьютерной сети [177]. В некоторых случаях «центром» называется техническое решение, предназначенное для указанных выше целей, например управления/мониторинга [178].



зователей, сложное и разнообразное информационное окружение (см. рис. 20), с которым посредством NOC взаимодействуют потребитель и подсистемы комплекса, — все это обуславливает требование достаточно глубокой внутренней интеграции NOC, СУР и ПВР. Этим обеспечивается минимизация задержек в получении/обработке информации, актуализации БД и, следовательно, снижение нагрузки на сеть. В связи с этим распространенное решение к проектированию NOC с использованием выделенного аппаратного обеспечения предложено заменить виртуальными машинами из ПВР, т.е. позиционировать его в составе Многоцелевого комплекса (рис. 22). Такой подход также повышает надежность комплекса в целом при сохранении допустимого уровня информационной безопасности.

В рамках приведенной функциональности комплекса особые требования предъявляются к хранению информации. Хранению подвергаются разнородные данные, являющиеся исходными для исследований, данные промежуточных и конечных результатов, программный инструментарий исследований и т.п. При этом следует учитывать, что обработка значительных массивов данных требует повышенного быстродействия системы хранения, а при длительном их хранении общий объем (исходные данные, окончательные результаты, справочные и архивные материалы, мультимедийные материалы, используемые в обучении и т.п.) обуславливает необходимость использования накопителей повышенного объема.

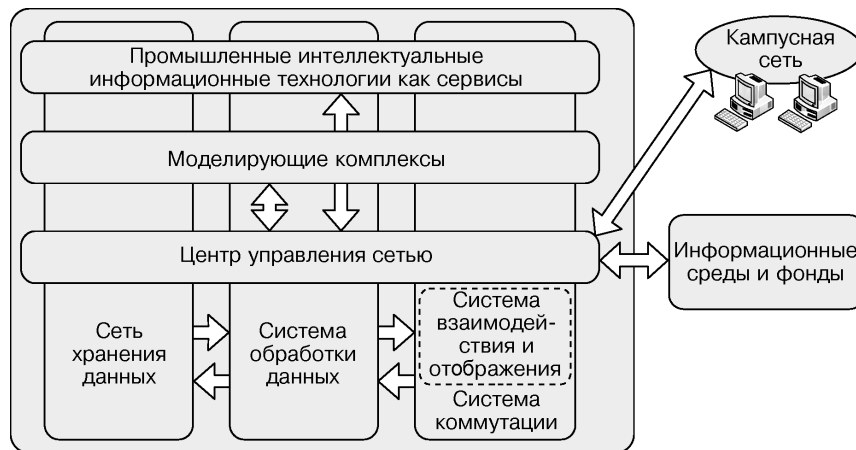


Рис. 22. Состав и схема взаимодействия компонент МЦ КОНДИ

Распределение вычислительных мощностей из ПВР в соответствии с заявленными задачами осуществляется СУР (см. рис. 20), реализуемой специальным ПО облачной ОС, например [127]. Механизм динамического перераспределения ресурсов пула под возникающие нагрузки аналогичен управлению инфраструктурой облака (см. рис. 19).

### 3.4.1. Предполагаемая реализация Многоцелевого комплекса

Оборудование МЦ КОНДИ можно представить в виде трех основных систем (см. рис. 22): хранения, обработки данных и транспортно-коммуникационной, а также некоторых вспомогательных подсистем (например, конференцсвязи) и инженерной инфраструктуры обеспечения. Параметры основных систем сведены в табл. 5.

СХД представляет собой дисковый массив, подключающийся к вычислительной системе по четырем оптоволоконным интерфейсам Fiber Channel производительностью 8 Гбит/с каждый. В зависимости от соотношения количества быстрых и стандартных накопителей и конфигурирования массива. Его объем может увеличиваться до 864 Тбайт. Возможно также подключение ленточных систем резервного копирования.

Таблица 5. Основные параметры оборудования МЦ КОНДИ

<b>1</b>	<p><b>Вычислительная система (64 ядра, 2,2 ГГц, 1 Тбайт оперативной памяти)</b>                  Серверы-лезвия 10 Gb FLB CTO Blade                  4 процессора Intel Xeon E5-4620 (8 ядер, 2,2 ГГц 16 Мбайт кэш)                  512 Гбайт оперативной памяти                  2 × 240 Гбайт жестких дисков                  24 × 10 Гбайт оптических сетевых интерфейса                  Шасси (8 слотов расширения)                  6 × 2400 Вт источников питания                  2 бортовых административных модуля с возможностью горячей замены</p>
<b>2</b>	<p><b>Система хранения данных (74,4 Тбайт: 14,4 Тбайт + 60 Тбайт)</b>                  Шасси                  Полка дисковых накопителей ускоренного доступа 16 × 450 Гбайт 6G SAS 10K                  Полка дисковых накопителей стандартного доступа 36 × 3 Тбайт 6G SAS 7.2K                  Оптические интерфейсы связи с вычислительной системой 8 Гбит FC SFP</p>
<b>3</b>	<p><b>Транспортно-коммуникационная система</b>                  Коммутаторы ядра 2 × 40 Гбит                  Пограничный маршрутизатор 2 × 100 Мбит                  Коммутаторы агрегации 48 × 1 Гбит                  Коммутаторы подключения к вычислительной системе 48 × 1 Гбит</p>

Емкость массива разделена на подсистему с оперативным доступом (14,4 Тбайт) и подсистему стандартного хранения (72 Тбайт). Система имеет два контроллера накопителей и резервированные источники питания. Дисковые накопители соединяются через коммутаторы по оптоволоконным каналам с серверами системы обработки данных по схеме «каждый с каждым» (рис. 23), образуя сеть хранения данных (SAN) [179, 180].

СХД с оперативным доступом кроме использования более быстродействующих накопителей предполагает конфигурирование массива с чередованием и без резервирования (RAID-массив нулевого уровня); подсистема стандартного хранения содержит накопители большего объема, объединенные в RAID-массив с резервированием по четности уровня пять, за счет чего эффективный объем дискового пространства уменьшается до 60 Гбайт [181].

**Система обработки данных.** Базовыми элементами являются сервера-лезвия, устанавливаемые в шасси. Предполагается установка двух четырехпроцессорных серверов с оперативной памятью 256 Гбайт каждый. Допускается расширение до восьми серверов с возможностью увеличения ОП каждого до 1 Тбайт. Тип процессоров и дисков указан в табл. 5. На серверах установлены оптические сетевые интерфейсы для связи с СХД и аналогично — с коммутационной системой. Серверное шасси содержит два резервированных административных модуля управления и шесть резервированных источников питания. Допускается расширение до восьми таких серверов.

Транспортно-коммуникационная система (ТКС) обеспечивает связь системы обработки данных с рабочими местами пользователей (образуя таким образом корпоративную сеть), с одной сто-



Рис. 23. Сеть хранения данных МЦ КОНДИ

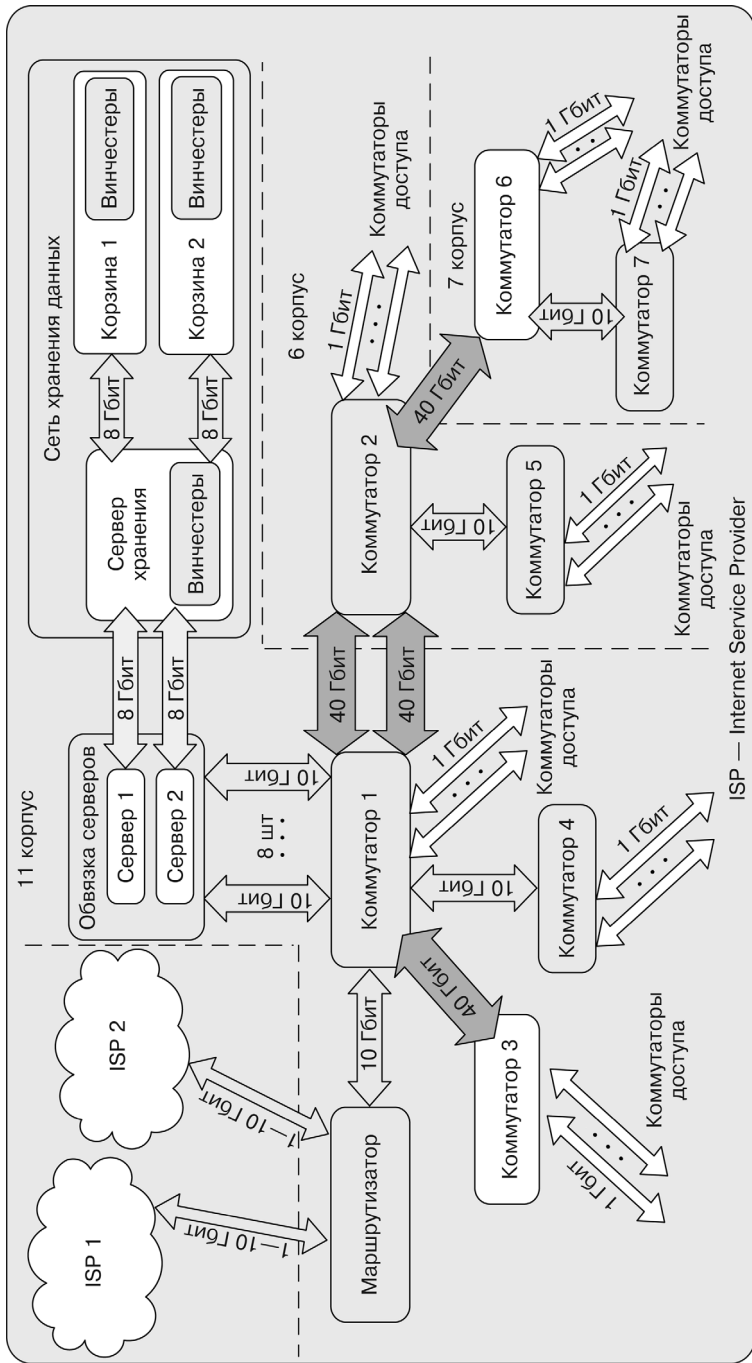


Рис. 24. Реализация Многоцелевого комплекса

роны, и внешним миром (доступ в Интернет и иные сети) — с другой. В зависимости от топологии сети в качестве ядра ТКС используются один или несколько базовых коммутаторов, связывающих между собой разнесенные площадки по оптоволоконному каналу. Коммутаторы содержат резервированные модули администрирования и источники питания. К установленному в центре обработки данных коммутатору подключены подсеть системы обработки данных, маршрутизатор связи с внешним миром (2 порта по 100 Мбит, обеспечивающих резервированную связь с Интернет-провайдерами) и коммутатор агрегации рабочих мест на 48 портов на 1 Гбит. Аналогичные коммутаторы агрегации подключены к каждому базовому коммутатору, чем обеспечивается интеграция корпоративной сети и доступ к ресурсам Многоцелевого комплекса из всех рабочих мест (рис. 24).

*Инженерной инфраструктурой* предусматриваются источники бесперебойного питания (до 12 кВт), система кондиционирования и пожарная сигнализация.

#### **3.4.1.1. Системное программное обеспечение**

Для достижения необходимой устойчивости, надежности и безопасности в качестве системного ПО предлагается использовать UNIX-платформу, а для снижения общей стоимости решения и поддержания лицензионной чистоты — выбрать свободно распространяемую ОС Ubuntu семейства Debian LINUX. Для придания решению необходимой гибкости и универсальности в качестве среды управления и совместного использования ресурсов МЦ КОНДИ предложено применять открытую расширяемую облачную платформу<sup>52</sup>, основанную на технологиях OpenStack

---

<sup>52</sup> Компания Oracle приобрела статус корпоративного спонсора организации OpenStack Foundation, занимающейся разработкой программной платформы с открытым исходным кодом для создания инфраструктурных облачных сервисов [182]. В Oracle рассчитывают использовать компоненты OpenStack в собственных разработках, в том числе в операционных системах Solaris и Oracle Linux, виртуализационных платформах Oracle VM и Oracle Virtual Compute Appliance, инфраструктурных сервисах (IaaS). Кроме того, Oracle планирует добиться совместимости OpenStack с сервером приложений Exalogic Elastic Cloud и сервисами Oracle Compute Cloud и Storage Cloud.

Несмотря на масштабные планы интеграции OpenStack, финансовый вклад компании Oracle в работу OpenStack Foundation невелик (25 тыс. дол. США в год). Компании HP, IBM, Red Hat и другие, имеющие статус платиновых спонсоров, платят 500 тыс. дол. США в год и выделяют для работы над OpenStack на постоянной основе как минимум двух сотрудников.

(см. рис. 17). Облачная инфраструктура реализуется взаимодействием служб, входящих в состав OpenStack [183]. Каждой службе присвоен одноименный код проекта, в рамках которого она создавалась, и дано краткое описание служб (табл. 6). В зависимости от решаемой задачи возможна установка и использование всех или некоторого подмножества служб. Конечным пользователям для взаимодействия с платформой предоставляется графический web-интерфейс самообслуживания, интерфейс командной строки (CLI) и API [183].

Функциональные службы OpenStack (рис. 25) взаимодействуют посредством сообщений. Обмен сообщениями допускает использование одного из трех сервисов: RabbitMQ, Qpid, ZeroMQ [183, 185]. Для хранения информации службы используют БД СУБД MySQL.

Таблица 6. Службы OpenStack Icehouse

Служба	Описание
Интерфейс самообслуживания Horizon	Обеспечивает Web-портал для взаимодействия пользователей и администраторов со службами OpenStack. Графический интерфейс позволяет выполнять запуск ВМ, назначать ей IP-адреса, предоставлять контроль доступа пользователям и над выполняемыми проектами, формировать правила для сетевых экранов и др.
Вычисления Nova	Управляет жизненным циклом экземпляров ВМ в среде OpenStack. В его обязанности входят создание, планирование ресурсов по требованию, запуск и отключение ВМ. Позволяет управлять рядом гипервизоров [183]: Baremetal, Docker, Hyper-V, Kernel-based Virtual Machine (KVM), Linux Containers (LXC), Quick Emulator (QEMU), User Mode Linux (UML), VMware vSphere, Xen
Сеть Neutron	Предоставляет сетевое взаимодействие как услугу службам OpenStack (например, Nova). Имеет модульную архитектуру, поддерживающую множество популярных сетевых поставщиков и технологий.
<b>Хранение</b>	
Объектное хранилище (ОХ) Swift	Предоставляет отказоустойчивое масштабируемое распределенное хранилище с резервированием, использующее кластеры серверов [184]. Хранит и предоставляет произвольные неструктурированные объекты данных, используя API на базе RESTful, HTTP

Окончание табл. 6

Служба	Описание
Блочное хранилище (БХ) Cinder	Программно-управляемое, дископодобное хранилище с высокой скоростью работы, абстрагирует различные типы хранилищ данных и реализует БХ как высокопроизводительную службу [163]. Обеспечивает создание устройств БХ и управление ими. Предоставляет их для постоянного хранения образов запущенных вычислительных узлов <sup>53</sup> .
<b>Общие службы</b>	
Служба идентификации Keystone	Обеспечивает сервис аутентификации и авторизации для других служб OpenStack. Предоставляет каталог доступных сервисов с их конечными точками API — адрес, доступный по сети, обычно описан URL, из которого получают доступ к сервису [185]
Служба хранения образов Glance	Сохраняет и предоставляет образы ВМ для OpenStack Nova, которая их использует при инициализации экземпляров ВМ
Телеметрия Ceilometer	Выполняет мониторинг и учет использования ресурсов облака для выставления счетов потребителям и маркетинговых исследований: оценки производительности, определения общей нагрузки, масштабируемости облака, накопления статистики и др.
<b>Службы более высокого уровня</b>	
Оркестратор Heat	Выполняет задачу сочетания множества составляющих облака приложений путем использования родного формата Heat Orchestration Template (HOT) шаблона [186] либо шаблона AWS CloudFormation посредством API: OpenStack-native REST или CloudFormation-compatible Query
Облачная СУБД Trove	Обеспечивает масштабируемую и надежную СУБД как услугу, функциональную для реляционных и нереляционных БД

В комплексах такого рода, как МЦ КОНДИ, требуется высокая доступность (High Availability) предоставляемых услуг. Это достигается созданием кластера, т.е. разновидности параллельной или распределенной системы, состоящей из нескольких связанных между собой компьютеров. Кластер используется как единый ресурс.

<sup>53</sup> Вычислительный узел — это физический сервер или образ ВМ с необходимыми атрибутами (сетевой адрес, название и др.), готовый к запуску.

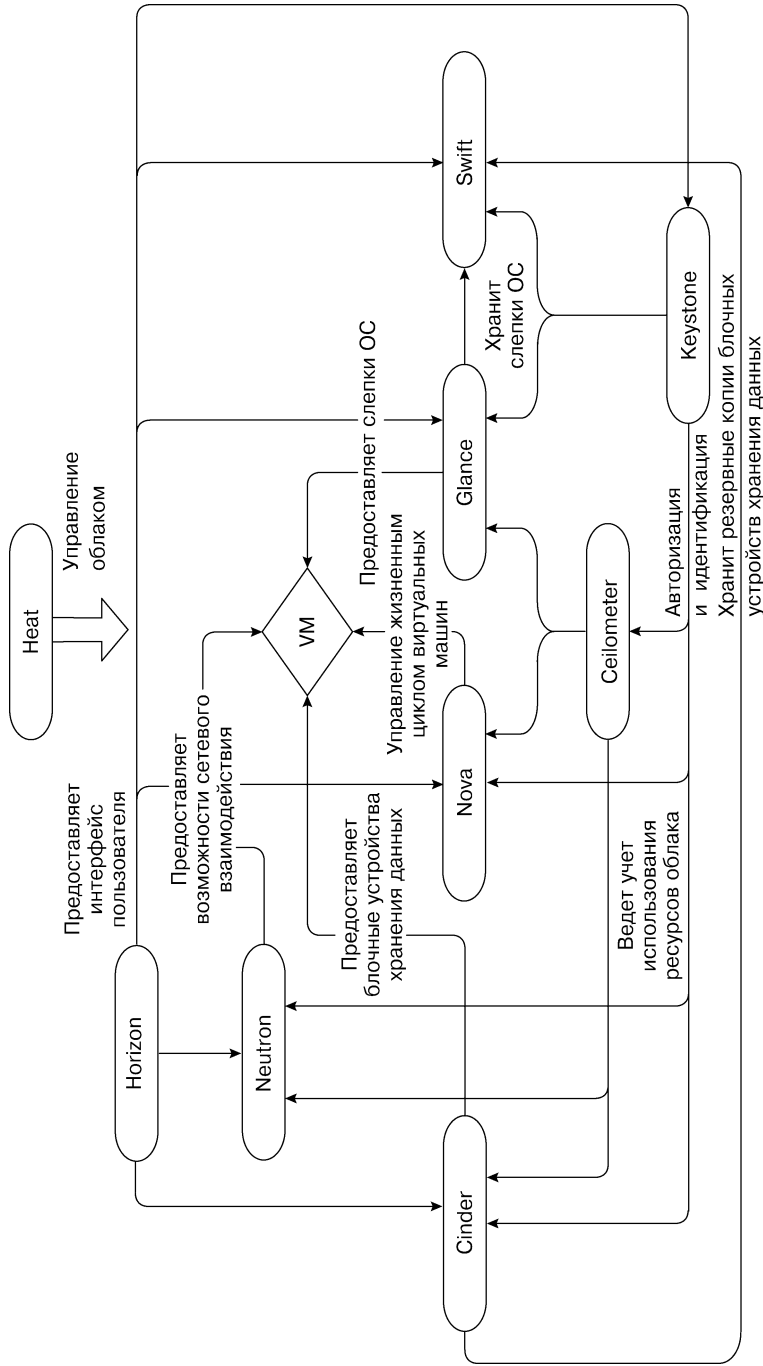


Рис. 25. Концептуальная архитектура OpenStack



Программно организованный кластер серверов (активный или пассивный узел) строится согласно одному из двух принципов:

- с холодным резервом — активный узел выполняет запросы, а пассивный ждет его отказа и тогда включается в работу;
- с горячим резервом — все узлы выполняют запросы, а в случае отказа одного из них нагрузка перераспределяется, т.е. при отказе одного из компьютеров кластер поддерживает перераспределение запросов.

В OpenStack построение кластера с холодным резервом осуществляется путем установки на его узлы программного обеспечения Pacemaker [187], которое является стандартом реализации стеков балансировки нагрузки и высокой доступности на базе платформ Linux. Транспортную функцию в кластере выполняет программное обеспечение Corosync. Оно обеспечивает надежность обмена служебными сообщениями внутри кластера.

После запуска кластера высокая доступность служб OpenStack реализуется их дублированием на разных узлах кластера. Для отслеживания служб проводится запуск агентов ресурсов, входящих в состав Pacemaker. При выходе из строя узла с активной службой Pacemaker по истечении временного интервала таймера активности ресурса запускает резервную службу.

Отказоустойчивость OpenStack Icehouse обеспечивается благодаря высокой доступности работы таких служб [187]: mysql, keystone-api, nova-api, nova-conductor, glance-api, neutron-api и nova-scheduler. Эти службы не ориентированы на соединение, т.е. сетевое соединение с ними поддерживается только во время предоставления ответа на поступивший запрос. После предоставления службой ответа сетевое соединение разрывается.

Целью реализации систем высокой доступности уменьшение влияния двух факторов:

- времени простоя системы. Простой возникает в случае недоступности системы для пользователя на протяжении максимально допустимого периода времени;
- потери данных — прецедент удаления или разрушения данных.

Заметим, что подобные решения вычислительных систем, основанные на технологиях OpenStack, известны. Так, HP Cloud-System [129] не впервые применяются в научной организации,

например в центре обработки данных Института космических исследований РАН [123], а Европейская организация ядерных исследований CERN [130] использует несколько подобных решений [131].

Для некоторых задач МЦ КОНДИ необходимо использовать и другие ОС, поддерживаемые оборудованием FreeBSD UNIX, ОС семейств LINUX, отличным от Debian, системы семейства Microsoft Windows, проприетарные UNIX-платформы (HP-UX, etc.). Возможность работы пользователей в указанных операционных средах обеспечивается с помощью виртуализации; в качестве гипервизора используется KVM (LINUX Kernel-based Virtual Machine) [188].

Применение средств виртуализации позволяет максимально эффективно использовать информационные ресурсы. Это особенно важно для организаций, которые не располагают такими ресурсами в достаточном количестве. Виртуализация обеспечивает:

- гибкое «дробление» ресурсов между пользователями и задачами;
- использование нескольких разных операционных сред, в том числе одним пользователем, с одного рабочего места;
- относительно несложное объединение разнородных операционных сред в один виртуальный комплекс;
- концентрацию ресурсов на приоритетных задачах.

### **3.4.2. Работа пользователей на Многоцелевом комплексе**

В процессе работы на многоцелевом комплексе могут быть использованы малоизвестные модели обслуживания. Это, в частности, создание единичных или связанных между собой сетью виртуальных машин, использующих стандартные или кастомизированные ОС, а также системные программы, для которых создается особое прикладное ПО. В данном контексте комплекс является мощной платформой, обеспечивающей работу большого количества ВМ и виртуальных сетей, образующих моделирующие комплексы. Одним из самых существенных преимуществ такой организации вычислительных ресурсов является возмож-

ность их распределения между большим количеством задач и пользователей, а также гибкого управления их изменениями. Как отмечено выше, такие операции, как «дробление» ресурсов с целью увеличения возможного количества пользователей и концентрация необходимых мощностей на приоритетных задачах, практически невыполнимы в пределах традиционных наборов ПК различной мощности, возраста и технического состояния.

Работа пользователей организована непосредственно на серверах комплекса. При этом они могут использовать тонкий клиент [11] или свой локальный ПК в качестве средства доступа к терминальным серверам либо отдельным ВМ с предустановленными ОС и необходимым набором приложений. Это различное прикладное ПО проектирования, в частности средства разработки и отладки программ (например, в среде OpenStack [189]), готовое прикладное ПО собственной разработки, а также традиционные программы для офисной работы: редакторы, электронные таблицы, системы компьютерного проектирования и др. Приложения можно запускать из сред ОС терминальных серверов или виртуальных машин. Конечные пользователи получают доступ к своим приложениям и данным с разных клиентских устройств (вплоть до мобильных). При этом предполагается конфигурирование клиентской среды согласно удобству работы конкретного пользователя. Таким же образом осуществляется перенос рабочих мест сотрудников офисных и других подразделений в виртуальную среду, т. е. на виртуальные десктопы.

Пользователь при старте (со своего рабочего места) попадает на внутренний портал, где предусмотрены возможности конфигурирования его рабочего места: входа в информационные среды, работы в тех или иных приложениях (с дальнейшим подключением в начале работы в заранее сконфигурированную среду). Комплекс, в частности, допускает одновременное использование сотрудником нескольких виртуальных рабочих мест. Так, в свою рабочую Windows-среду (например, «IC-предприятие») напрямую либо через портал войдет сотрудник планового отдела или бухгалтерии, а администратор корпоративной сети, использующий UNIX-средства администрирования, сможет параллельно заниматься прорисовкой поэтажных схем в Windows-системе проектирования ArchiCAD или, допустим, Microsoft Visio (рис. 26).

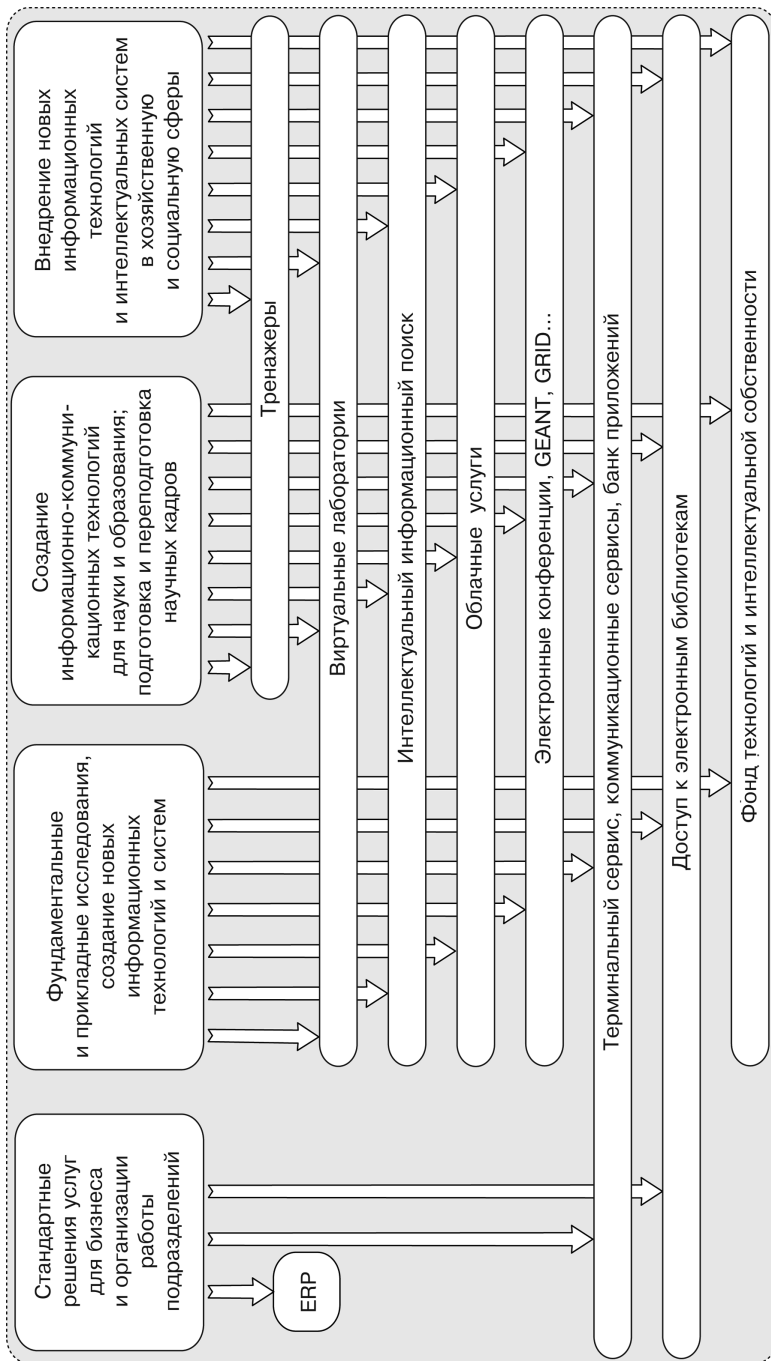


Рис. 26. Архитектура услуг многоцелевого комплекса

Кроме того, преимуществом такого решения является повышенный уровень безопасности, что особенно касается большинства компьютерных вирусов. Виртуальные Windows-среды при соответствующей организации работы значительно лучше защищены от вирусных атак, чем традиционные сетевые ПК (особенно при отсутствии качественного антивирусного ПО).

Таким образом, практически получена инфраструктура комплекса с инструментарием, позволяющим конфигурировать его ресурсы с учетом заявок потребителей. Инфраструктура располагается, как и прежде, внутри собственного периметра безопасности, перенос приложений с персональных ПК не снижает защищенности данных.

К преимуществам такой инфраструктуры относятся:

- централизация вычислительной среды при общем уменьшении численности оборудования и администрирования — высокая надежность и отказоустойчивость;
- экономия, достигаемая за счет эффективного использования разделяемого пула вычислительных ресурсов, позволяет иметь меньше аппаратных ресурсов при более высокой надежности и отказоустойчивости такой системы;
- быстрое восстановление операционных сред — создание копий ВМ и их восстановление из резервных — занимает значительно меньше времени;
- резервная копия виртуального сервера может быть сразу запущена на другом физическом сервере, чем обеспечивается высокая надежность и доступность ресурса в целом.

Оптимизация достигается и в результате централизованного администрирования — качество управления повышается, число администраторов баз данных, сетевых и системных администраторов уменьшается. Экономия достигается прежде всего за счет снижения стоимости эксплуатации ИТ-инфраструктуры и более полного удовлетворения потребностей подразделений организации в сервисах. Происходит переформатирование ИТ-специалистов подразделений во внутреннее сервисное подразделение организации.

Принятые аппаратные и инфраструктурные решения Многоцелевого комплекса допускают простое наращивание вычислительных ресурсов, а использование открытого ПО проекта Open

Stack позволит эволюционным путем совершенствовать инфраструктуру<sup>54</sup> и достичь в предоставляемых услугах полноты соответствия модели облачных вычислений [145, 58]: самообслуживание по требованию, свободный сетевой доступ, оперативная эластичность и др.

Что касается моделей развертывания (deployment models) [59], то ограничимся в начале частным облаком. Частное облако (private cloud) обеспечивает исключительное использование единственной организацией, включающей в себя разных пользователей, и, как отмечено выше, оно подвержено угрозам безопасности не более, чем прежде, т. е. до создания комплекса.

---

<sup>54</sup> Напомним, что под облачной инфраструктурой понимают аппаратное и программное обеспечение, соответствующее характеристикам модели облачных вычислений. Облачную инфраструктуру рассматривают как двухуровневую: физический уровень и уровень абстракции. Уровень абстракции состоит из программного обеспечения, развернутого на физическом уровне.

# СИСТЕМЫ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ МНОГОЦЕЛЕВОГО КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 4.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗВЕСТНЫХ СИСТЕМ, ВЫБОР ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ

### 4.1.1. Состояние проблемы

Исходя из анализа современных аспектов научной и научно-учебной деятельности [137, 190, 191] можно выделить следующее:

- глобализацию исследовательского процесса, в который вовлекаются ученые и лаборатории из разных стран;
- необходимость обучения и переподготовки специалистов для новых отраслей знаний;
- высокую конкурентность исследований;
- жесткие временные рамки проведения исследований;
- большой объем данных и информации, используемых в исследованиях.

Из изложенного следует, что глобализация научной деятельности требует привлечения новых программных и аппаратных средств как подсистем глобального информационного пространства. К таким средствам непосредственного общения, обмена научными данными, обеспечения возможности работы распределенных научных коллективов, обучения специалистов, а также распространения полученных знаний относятся системы видеоконференцсвязи. Видеоконференцсвязь считается наиболее оптимальным средством коммуникации, что обусловлено физиологическими особенностями человека. Так, практически 80 % информации человек получает из внешнего мира именно через визуальный канал восприятия.

Положительный опыт реализации видеосистем для совместной работы виртуальных коллективов, проведения распределенных видеоконференций и семинаров — это широко распространенная программная система Skype и среда AccessGrid [175, 192], представляющие собой инструментарий для создания средств аудиовизуального общения. ПО AccessGrid является мульти-

платформенным решением и предоставляет программный интерфейс для создания средств коллективной работы. Она использует распределенную модель обработки информации, что при открытом программном коде позволяет наращивать возможности системы за счет включения дополнительных аппаратных и программных компонент.

Заметим, что в этом вопросе не все так просто и однозначно. Так, реализация видеоконференцсвязи (ВКС) связана с определенными трудностями, обусловленными противоречиями между конкретными требованиями к разрешению видео, определяющему плотность видеопотока, и ограниченной пропускной способностью каналов связи и производительностью систем обработки мультимедиа трафика (это противоречие усугубляется с возрастанием числа пользователей). При выборе той или иной платформы разработки видеоконференцсвязи или уже готовых к использованию аппаратных систем должна быть уверенность в соблюдении интероперабельности в распределенной среде партнеров и возможности реализовывать поставленные задачи. Речь идет об использовании системы на разных масштабах: индивидуальное общение; видео-лекция с использованием многих экранов или большого экрана с высоким разрешением; отображение результатов моделирования на экране формата 4К; конференция международного масштаба с передачей информации от всех участников к каждому и т.п. С учетом изложенного рассмотрим особенности классификации ВКС. В зависимости от используемых средств (аппаратная, программная и программно-аппаратная реализация) можно выделить варианты организации ВКС, назначения и мобильности. ВКС также могут быть общего назначения (большинство производимых систем, к которым не предъявляются специфические требования по защищенности, функционированию и т.п.), специализированные (предназначены для работы в определенной области или среде и имеют соответствующие сертификаты).

По степени мобильности: стационарные, мобильные.

По качеству изображения: системы стандартного разрешения (Standard Definition или SD) и высокого разрешения (High Definition или HD/FullHD).

По количеству участников конференции: соединение «точка-точка» и с возможностью многоточечных соединений.

*Аппаратные системы ВКС* — это комплексные интегрированные решения, которые предлагаются на рынке компаниями CISCO



(TANDBERG), SONY, Policom, Logitech (LifeSize) и др. Они состоят из терминалов (программной и аппаратной реализации), серверов и дополнительного оборудования, например видеокамер, мониторов. Связь осуществляется с помощью стандартных протоколов и кодеков, что теоретически позволяет объединять оборудование разных производителей. Соединение «точка-точка» проходит между двумя терминалами напрямую, минуя сервер. Это, как правило, позволяет более продуктивно использовать сеть. Для многоточечной конференции необходимо использование сервера многоточечной связи MCU (Multipoint Control Unit).

Программная видеосвязь предполагает наличие компьютерных программ, которые состоят из серверной и клиентской части. Обычно ВКС организуется непосредственно через сервер. Этот тип связи предоставляет исключительную гибкость работы при организации ВКС. Например, дает возможность участникам видеоконференции просматривать рабочий стол одного из них, редактировать документы. К недостаткам можно отнести то, что программная реализация в основном построена на использовании RTMP-пакетов [193], которые недостаточно стандартизированы и не поддерживаются большинством специализированного клиентского оборудования. Использование такого протокола, с одной стороны, позволяет специально не устанавливать клиентское программное обеспечение (достаточно браузера с поддержкой Adobe Flash Player), с другой — не допускает организации связи с аппаратными системами ВКС без специального оборудования.

По способу организации ВКС оборудование разделяется на два типа:

- групповое, размещаемое в отдельном помещении. Оно более дорогое и требовательное к пропускной способности каналов, но обеспечивает гораздо лучшее качество изображения;
- персональное, т.е. установленное непосредственно на рабочем столе пользователя. Оно достаточно дешевое и для передачи данных использует возможности обычной локальной сети.

*Групповые системы ВКС* (рис. 27) — это абонентские комплексы видеоконференцсвязи. В состав системы входит сервер групповой ВКС (например, Sony PCS-1P с блоком передачи графики PCS-DSB1), экран, видеокамера, микрофоны и аудиосистема. Абонентские комплексы обычно устанавливают в отдельных помещениях — переговорных комнатах. Основное назначение групповых систем ВКС — обеспечить комфортное визуальное общение группы людей с удаленными собеседниками.



Рис. 27. Групповые системы ВКС на базе Sony PCS-IP

В групповых ВКС применяются видеокамеры высокого разрешения с управляемым фокусом. Такие системы часто комплектуются дополнительными или специализированными камерами, например камерами, поддерживающими дистанционное управление наклоном и масштабированием; с автоматическим отслеживанием докладчика и др. Передача информации с компьютера, отражение бумажного документа предполагает дополнительное оборудование: блок подключения компьютера, документ-камера, цифровая «белая доска» и специальные микрофоны, позволяющие принимать звук от нескольких участников, что необходимо для комфортного взаимодействия всех участников. Используются также проекторы, плазменные панели, телевизоры. Для сохранения и последующего просмотра конференции применяются специальные устройства записи.

Недостатками групповых систем ВКС можно считать постоянное присутствие персонала в помещении, где размещено обо-

рудование, необходимость в обслуживающем персонале для управления системой во время сеансов связи и, как правило, его удаленность от рабочего места и компьютера, что ограничивает возможность использования документов. Кроме того, подготовка к конференции требует тщательности и больших затрат времени.

Персональные системы лишены этих недостатков. Видеосвязь можно провести в любое время, прямо с рабочего места, имея «под рукой» все материалы и документы. В обеспечении персонального терминала ВКС наиболее приемлемым является использование ПК со специализированной клиентской программой, видеокамерой, гарнитурой или микрофоном и аудиоколонками. Преимущество такого решения — его цена. Если необходимо получить качественную «картинку» от такого терминала, то следует использовать видеокамеру, которая позволяет передавать изображение в качестве HD (TANDBERG's Precision HD USB camera, Microsoft HD 5000, Logitech B910HD и др.).

Отдельным решением является применение специализированных аппаратных терминалов ВКС — видеотелефонов и видеотерминалов.

Видеотелефон — это логическое продолжение телефонного аппарата с возможностью осуществления видеозвонков. Основным преимуществом видеотелефона является его низкая (по сравнению с другими видами аппаратных персональных терминалов) цена, но есть и недостатки, основным из которых являются ограниченные медиавозможности.

Современные видеотерминалы обычно состоят из широкоформатного монитора с интегрированным кодеком ВКС, камерой, микрофоном и динамиками. Некоторые из таких терминалов могут одновременно работать в системе ВКС и в качестве монитора ПК.

#### 4.1.2. Требования, предъявляемые к системам ВКС

Основываясь на классификации ВКС и учитывая организационную структуру научно-учебного заведения, на наш взгляд, необходимо выделить виды видеоконференцсвязи, реализующие:

- связь рабочей группы в рамках виртуальных лабораторий и коллективов;
- проведение совместных заседаний научных коллективов, в том числе с участием зарубежных ученых;
- организацию дистанционного обучения.

Связь в пределах рабочей группы необходима для коммуникации сотрудников заведения, а также консультаций с внештатными экспертами, которые работают над одной задачей. Поскольку таких рабочих групп в рамках заведения заведомо больше одной и их общение может совпадать во времени, в систему конференцсвязи нужно ввести так называемые виртуальные комнаты общения. Они предоставляют возможность так проводить одновременно ряд сеансов ВКС, что участники комнат могут общаться независимо друг от друга.

Необходимым условием проведения видеоконференции является возможность самостоятельно регистрировать в ВКС пользователей. Кроме того, необходимо иметь достаточный лимит на одновременное подключение всех приглашенных к участию в конференции.

Рабочая группа должна иметь возможность начать конференцсвязь в любое время, чем обусловлена высокая надежность системы. Также необходимо реализовать возможность планирования начала проведения конференций. Для удобства пользователей в сервисе ВКС может быть предусмотрен календарь проведения конференцсвязи (рис. 28).

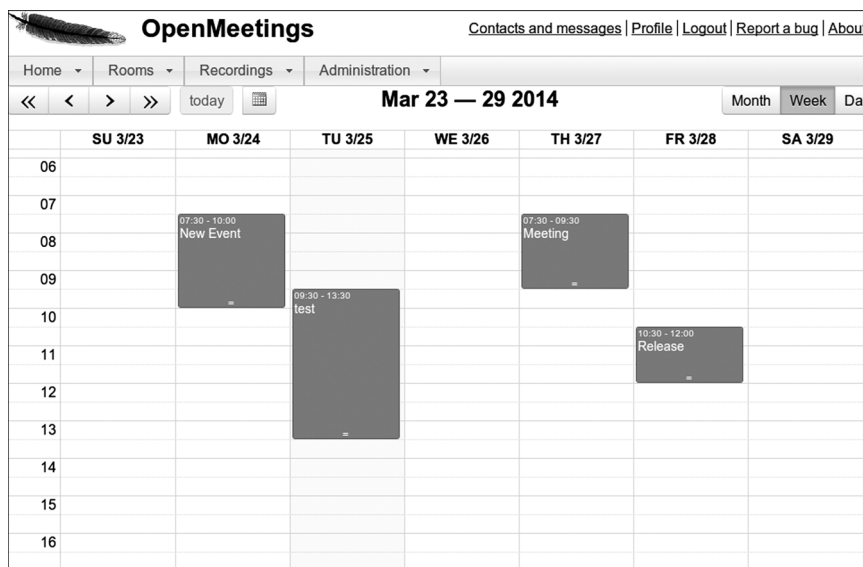


Рис. 28. Окно календаря запланированных конференций

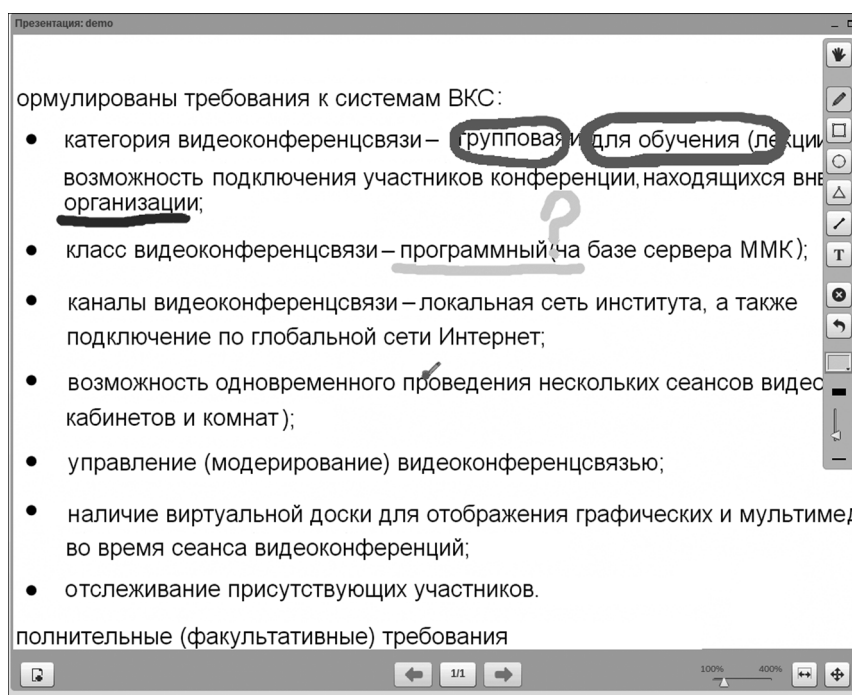


Рис. 29. Пример использования интерактивной доски

Для видеоконференции в рамках рабочей группы следует учитывать пребывание определенного количества пользователей (внешние эксперты, сотрудники, которые находятся в командировке, и т. д.) за пределами заведения. В этом случае защита информации (например, кодирование канала передачи данных, идентификация пользователей) обязательна.

Во время конференции пользователи должны иметь возможность в любое время получить «слово». Поскольку рабочая группа состоит из небольшого количества участников, наличие отдельного модератора конференции, отвечающего за предоставление «права голоса», необязательно. Одно из необходимых требований — наличие интерактивной доски (рис. 29), с помощью которой можно организовывать просмотр участниками конференции документов разных форматов, пользоваться «указкой», рисовать поверх открытых документов, масштабировать их и перелистывать страницы. В рамках интерактивной доски можно просматривать

видео и прослушивать аудиофайлы, читать web-страницы и т. п. Наличие частного и группового чата дает возможность передачи информации, плохо воспринимаемой на слух, — адреса веб-страниц, номера телефонов, другая строковая информация.

Заседание (отдела, ученого совета, научных конференций и т. п.) проводится в более формализованном порядке и с большим количеством участников, что вносит дополнительные требования. Так, необходимо вводить модерацию. Как правило, выделяется один или несколько модераторов, которые отвечают за ведение конференции, демонстрацию документов и обладают правом передачи «голоса» иным участникам конференции. Другое требование — необходимо проводить запись конференции для создания стенограммы заседания, или последующего просмотра. Наличие видеокартинки каждого участника конференции обязательно, главное, чтобы все участники могли видеть ключевых спикеров.

При таких заседаниях необходимо предусмотреть возможность наличия специально оборудованного помещения (групповая система ВКС), в котором докладчик будет иметь доступ к интерактивной доске, документ-камере или цифровой «белой доске».

Поскольку основной задачей обучения является донесение информации слушателям, системы ВКС должны обеспечивать качественное изображение материалов презентации и отображение лектора. Для обеспечения интерактивного взаимодействия слушателей и лектора необходимо наличие группового чата, а для публичных лекций, проводимых в обустроенной аудитории, — трансляцию мультимедиа потока и материалов лекции. Запись осуществляется для повторного просмотра материалов.

Одним из существенных факторов, влияющих на выбор ВКС, является возможность ее работы с протоколами семейства H.320 и/или SIP. Этим обеспечивается подключение различного оборудования к ВКС и использование RTMP-пакетов для возможности применять в качестве терминала обычный браузер, онлайн трансляции в сети Internet и т. п. Кроме того, необходимо соблюдать соответствие современным тенденциям развития ИТ, что обеспечит продолжительное удобство использования и замедлит время «морального устаревания» системы.

В последнее время наблюдается стремительное развитие персональных мобильных коммуникационных устройств, таких как смартфоны, планшеты, которые все чаще применяют в производственной сфере. Использование личного оборудования и ПО в

производственных целях называют консьюмеризацией ИТ [194]. Связанные с этим риски относительно безопасности и конфиденциальности информации требуют новых подходов к организации корпоративной инфраструктуры. Они объединены в концепции BYOD (Bring Your Own Device) и BYOA (Bring Your Own Applications) [195].

С увеличением количества мобильного оборудования возросло и число каналов общения между людьми, например мобильная телефонная связь, средства обмена мгновенными сообщениями (Scype, IM, Google Talk и т.д.), электронная почта, ВКС, IP-телефония, социальные сети. Для интеграции указанных каналов общения, совместной работы с документами, определения присутствия и доступности человека для общения в реальном режиме времени создана технология унифицированных коммуникаций (Unified communications, UC) [196]. UC-технология находится на стадии разработки. Ее суть в том, что UC является ядром для обработки запросов пользователей и средством для их подключения к различным видам коммуникаций, объединяющих функции под единым интерфейсом. Встроенная в ядро централизованная база упрощает задачу контроля доступа и защиты информации, а также ускоряет поиск и просмотр архива переписки.

На мировом рынке присутствуют программные продукты, реализующие концепцию UC, например Aura компании Avaya, Cisco Unified Communications Manager, Sametime Unified Telephony от IBM, Microsoft Lync Server 2013. В большинстве этих продуктов системы ВКС интегрированы. Доступны и UC-решения, которые взаимодействуют с уже существующими системами ВКС [197, 198].

#### 4.1.3. Преимущества и недостатки применения систем ВКС

*Аппаратные системы ВКС.* Основным их преимуществом являются комплексные готовые решения под потребности потребителя, их гибкость и возможность расширения. Так, потребитель сервиса формулирует требования к системе ВКС и выбирает необходимое ему дополнительное оборудование. Интегрированность системы и поддержка стандартов позволяет потребителю обойти проблемы совместимости оборудования разных производителей.

Преимуществом является и то, что фирмы-производители гарантируют надежную работу оборудования и ПО, а также его

обслуживание в течение гарантийного и послегарантийного периода.

Существенный недостаток аппаратной системы ВКС — ее цена [199]. Она самая высокая из всех цен проанализированных нами систем.

Рассмотрим соответствие аппаратных ВКС условиям проведения конференций в рамках рабочей группы, заседания и обучения. Большинство аппаратных систем ВКС имеют как аппаратные, так и программные (например, Polycom PVX, Emblaze-VCON vPointHD, LifeSize Desktop) персональные терминалы. Существуют также персональные программные терминалы для смартфонов и планшетов (например, Radvision Avaya Desktop Mobile) [200], которые обеспечивает мобильность участников конференции.

Среди программных терминалов существуют и такие, которые поддерживают презентацию разных документов, находящихся на ПК пользователя (Emblaze-VCON vPointHD, Polycom People + Content и др.). Однако полноценная интерактивная доска не найдена ни в одной из приведенных выше программ. Отсутствуют в системах аппаратных ВКС и сервисы мгновенных сообщений (чат). Обмен небольшими сообщениями в этом случае выполняется другими программами (например, Google Talk, Skype). Календарь расписания конференций также отсутствует, но для этих целей можно применить Google Календарь или другие сервисы планирования. Кроме того, к недостаткам относится потребность в использовании различных дополнительных сервисов для проведения конференции.

Для online-трансляции или записи конференции, необходимых при проведении публичных лекций, требуются дополнительные специализированные серверы (например, Polycom RSS 4000 [201]).

Следует отметить, что аппаратные системы ВКС обеспечивают большое количество дополнительного оборудования для обустройства аудитории видеоконференции. Среди исследованных систем именно они обеспечивают наибольшие гибкость и полноту, а также высокое качество изображения. Применение специализированного оборудования (документ-камера, цифровая «белая доска») и видеокамер, поддерживающих дистанционное управление или автоматическое отслеживание докладчика, существенно повышают качество предоставления докладов и лекций.



*AccessGrid*. Упомянутый выше инструментарий [175, 192] для создания средств аудиовизуального общения специализирован под задачу организации конференций в рамках рабочей группы, заседания и обучения. Однако, как показано далее, реализовать его могут только крупные коллективы. Кроме того, такой инструментарий имеет особенности, препятствующие его широкому применению.

*AccessGrid* — это специализированная распределенная (*Grid*) среда для объединения работы научных коллективов из разных регионов мира. Разработка системы ведется в Аргоннской национальной лаборатории (Чикаго) [202].

*Grid* — согласованная, открытая, стандартизованная среда, обеспечивающая гибкое, безопасное, скоординированное разделение ресурсов в рамках виртуальной организации. В соответствии со списком критериев, приведенных в [203], *Grid* — это система, которая:

- координирует использование ресурсов при отсутствии централизованного управления этими ресурсами, т. е. *Grid* интегрирует и координирует ресурсы и пользователей, которые находятся в разных местах;

- использует стандартные, открытые, универсальные протоколы и интерфейсы. *Grid* строится на базе многоцелевых протоколов и интерфейсов, позволяющих решать такие фундаментальные задачи, как аутентификация, авторизация, обнаружение ресурсов и доступ к ресурсам;

- обеспечивает нетривиальным образом высокое качество обслуживания. *Grid* позволяет так использовать ресурсы, которые входят в его состав, чтобы обеспечивать высокое качество обслуживания. Это касается, например, таких параметров, как время отклика, пропускная способность, доступность, надежность. *Grid* так обеспечивает совместное распределение ресурсов для удовлетворения потребностей пользователей, что экономия от распределенной (комбинированной) системы значительно больше, чем затраты на ее отдельные части.

В противном случае утверждается [203], что организация вычислительных средств предусматривает локальную систему управления или речь идет о специализированной прикладной системе.

С помощью *AccessGrid* построена *Grid*-среда по обмену аудио- и видеопотоками между участниками виртуальных коллективов. Общая архитектура *AccessGrid* [192] изображена на рис. 30. Как

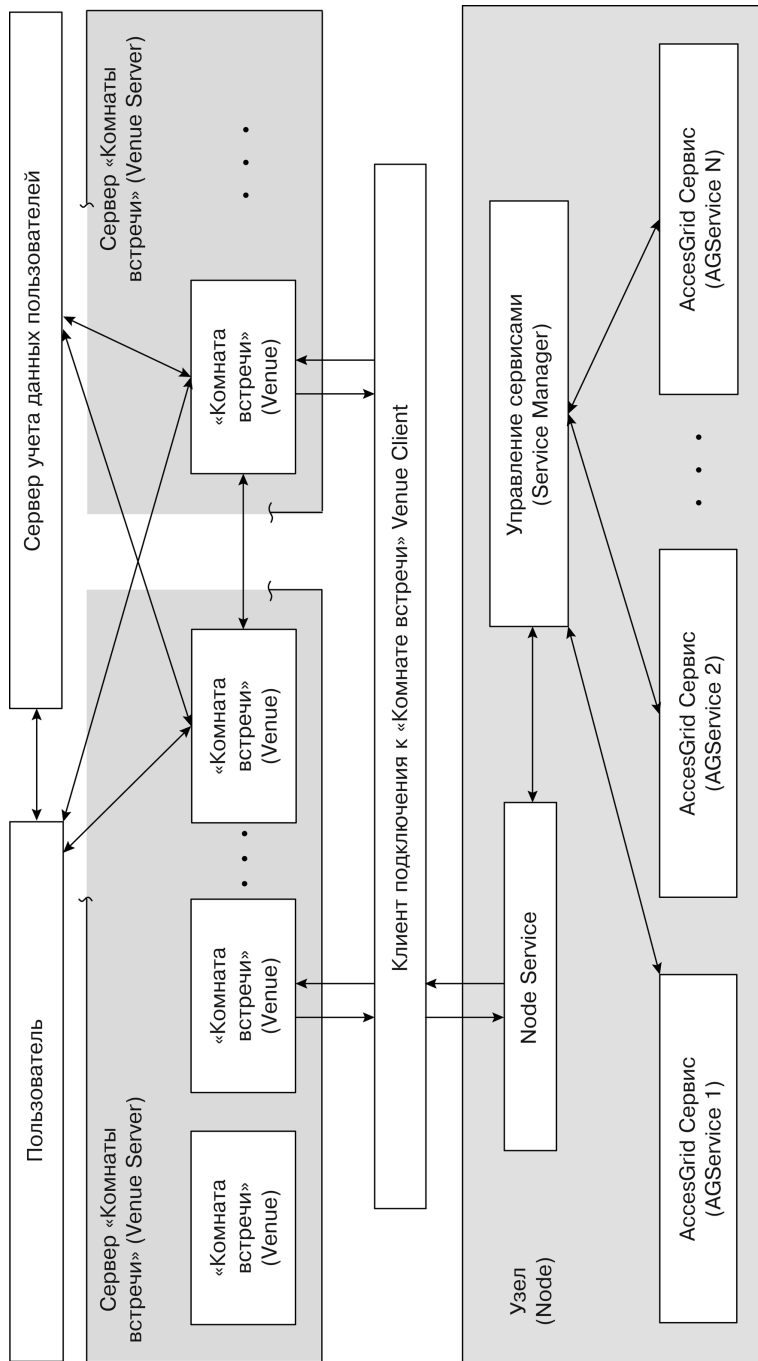


Рис. 30. Общая архитектура AccessGrid

видно из рисунка, архитектура AccessGrid состоит из центрального сервера (VenueServer), реализующего концепцию виртуальной организации. На сервере можно организовать несколько виртуальных комнат для «встречи» (Venue). Виртуальная комната может ссылаться на другую виртуальную комнату на другом сервере. Переходя по этим комнатам, пользователь системы может попасть в нужную ему комнату на любом сервере системы.

Чтобы переход пользователя с одного сервера на другой проходил «прозрачно», в системе применяются централизованная база пользователей, которая находится на серверах Аргоннской национальной лаборатории, и обмен SSL сертификатами между клиентом, серверами «встречи» и серверами учетных записей пользователей.

Каждая виртуальная комната имеет ассоциированную с ней базу доступа пользователей, хранилище файлов и другие дополнительные ресурсы.

Дополнительные ресурсы в виртуальной комнате обеспечиваются окончными узлами (Node). Оконечные узлы подключаются к виртуальным комнатам с помощью клиента (Venue Client), что позволяет разместить ресурсы окончных узлов на других серверах.

Оконечными узлами являются клиентские терминалы пользователей, которые транслируют аудио- и видеопотоки и могут обеспечивать виртуальные комнаты ресурсами, которые пользователь хочет «опубликовать» в виртуальной комнате.

Программный код AccessGrid распространяется бесплатно в бинарных пакетах для разных ОС и в открытых кодах. Система имеет развитое API для построения разных окончных узлов (и модулей AGService) совместного использования ресурсов: просмотр и редактирование документов, обмен файлами, просмотр презентаций, web-страниц и т.д. Теоретически можно подключить к системе любое оборудование и другие специализированные ресурсы.

Преимуществом Grid-системы является то, что она позволяет наращивать мощность и возможности системы простым добавлением серверов и программных модулей.

В публичном доступе есть библиотека готовых модулей. Для передачи видео- и аудиопотоков применяются модули Vic и Rat, которые поддерживают большой список камер, карт захвата видео, проекторов, а также веб-камер, которыми можно передавать видеокартинку разного качества. Обмен мультимедиа-информацией

осуществляется, хотя и открытыми (особенность Grid), но специализированными протоколами. Совместимости со стандартизированными протоколами в настоящее время нет.

Модуль SharedPresentation дает возможность организовать показ презентаций, а SharedDesktop — опубликовать рабочий стол ПК. Еще одним полезным модулем является SAGE (Scalable Adaptive Graphics Environment). С его помощью можно построить большой презентационный мозаический монитор. Таким образом, с помощью системы AccessGrid можно организовать как персональный, так и групповой терминал.

Последний релиз ПО AccessGrid был создан в 2010 г. Это может свидетельствовать о том, что основная разработка этого ПО прервана. Но его поддержка продолжается: регулярно создаются бинарные пакеты для установки на новые релизы ОС.

Архитектура системы требует централизованной регистрации пользователей, что усложняет проведение публичных конференций. Поскольку система доступна в открытых кодах, можно внести изменения в модуль авторизации, который будет учитывать поставленные требования к ВКС (см., например, [175]). Однако доступ на другие серверы распределенной среды AccessGrid для пользователей, которые обошли центральный сервер, становится невозможным.

Основное преимущество системы AccessGrid в том, что она объединяет широкую научную общественность разных стран. В рамках этой среды регулярно проходят научные конференции, семинары, работают виртуальные научные коллективы.

*Программные системы.* Среди них наиболее предпочтительны системы с открытым кодом (Open Source). В силу доступности кода для внедрения необходимым потребителю приложений или адаптации для потребностей организации ПО с открытым кодом имеет ряд преимуществ по сравнению с проприетарными программными средствами.

Из перечня распространенных программных систем ВКС выделены две системы: OpenMeetings [204] и BigBlueButton [205] (рис. 31); обе обеспечивают проведение аудио- и видеоконференций в многоточечном режиме. Управление и доступ к видеоконференции осуществляется через web-интерфейс.

Система web-конференций OpenMeetings распространяется по лицензии Apache License, а BigBlueButton — GNU General Public License и принята в проект Google Summer of Code. Обе системы можно получить как в программном коде, так и в виде

#### 4.1. Классификация известных систем, выбор видеоконференцсвязи

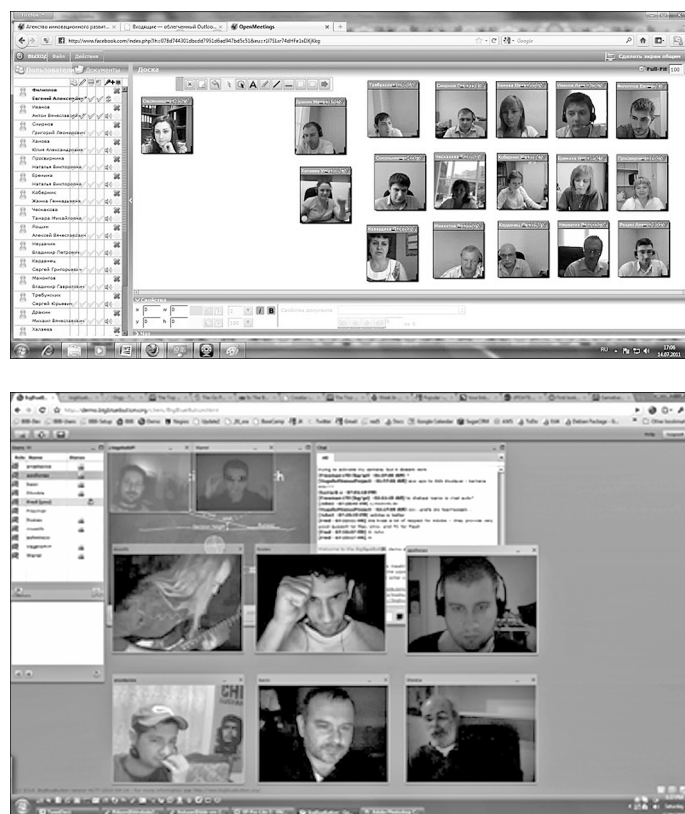


Рис. 31. Окна видеоконференции OpenMeetings и BigBlueButton

пакетов для установки на большинство распространенных Linux-дистрибутивов, а также под Windows. Доступен Ubuntu-образ виртуальной машины (VM) VMware (Virtual Box) с установленным на нем BigBlueButton, который позволяет быстро запустить серверное ПО ВКС.

На домашних web-страницах систем можно получить wiki-документацию на английском языке. В работе [206] приведена документация на русском языке с подробным освещением организации конференцсвязи.

Оба проекта активно развиваются. Так, последняя стабильная версия OpenMeetings 3.0.2 от 04.06.2014, а BigBlueButton-0.81, октябрь 2013 г. Системы имеют практически одинаковые минимальные требования к физическому серверу: двухъядерный CPU

с частотой 2 ГГц и 4 Гбайт ОЗУ. Объем жесткого диска нужно выбирать с учетом необходимого места для записи материалов конференций.

Анализ этих программных систем видеоконференцсвязи с учетом указанных требований показывает, что основное различие между OpenMeetings и BigBlueButton состоит в отсутствии в последнем интерфейса администрирования, однако система имеет API, который позволяет подключать сторонние приложения (WordPress, Moodle, Joomla, Drupal и т.д.) или разрабатывать уникальный интерфейс, наиболее адаптированный к потребностям пользователя. В OpenMeetings, наоборот, присутствует развитый интерфейс администрирования и пользователя с календарем и e-mail-напоминаниями о проведении конференций.

В обеих системах ВКС реализовано авторизацию пользователя и три уровня доступа: пользователь, модератор и администратор. Для идентификации пользователей возможно использование протокола LDAP и Active Directory. Модератор конференции может просматривать список участников конференции, давать им право голоса, доступа к интерактивной доске, отключать пользователей или переводить их в режим «только просмотр». Есть возможность создавать «рабочие комнаты» как с модератором, так и без него.

Важной особенностью обеих систем является то, что для подключения клиентов к серверу устанавливается дополнительное ПО не обязательно: используется web-браузер с плагином поддержки технологии Adobe Flash. Соединение с сервером происходит по протоколам HTTP и RTMP. Системы имеют возможность использования интерактивной доски (см. рис. 29), импорта в конференцию документов разных форматов (.txt, .psd, .jpeg, .gif, .ppt, .odt, .doc, .pdf и др.). После импорта они будут доступны всем участникам текущей конференции без ограничений. Для просмотра и редактирования на доске конференции файлы конвертируются в форматы .png и .pdf. Возможность трансляции рабочего стола ПК с демонстрацией работы разных программ и чтения web-страниц иллюстрирует рис. 32. Программные средства интерактивной доски достаточно функциональны для проведения как конференций в пределах рабочей группы, так и для демонстрации дополнительных материалов докладчика в режиме заседаний и лектора в режиме обучения. Кроме того, предусмотрен обмен текстовыми сообщениями в окне чата (частный и публичный), а в системе BigBlueButton, если в конференции

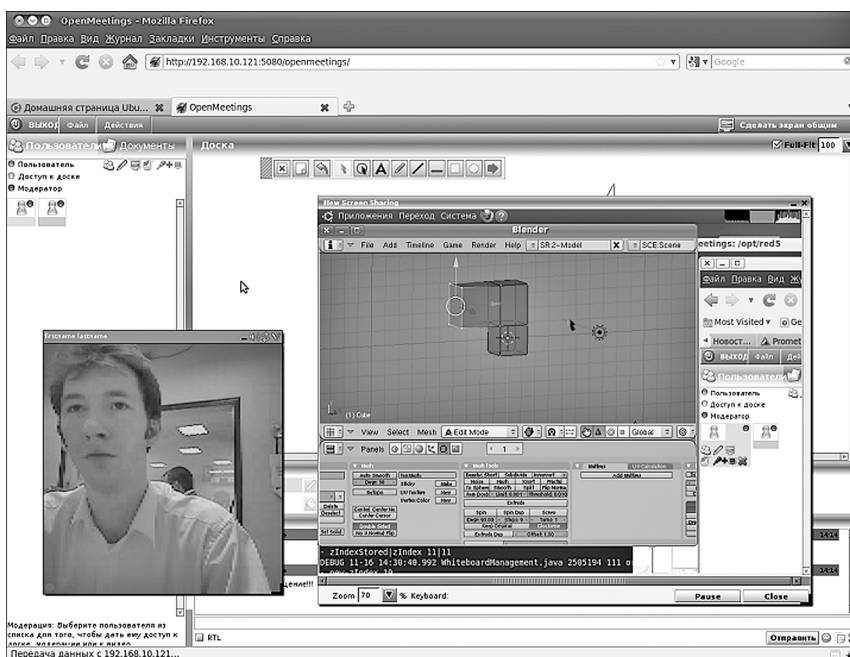


Рис. 32. OpenMeetings с трансляцией рабочего стола ПК

участвуют лица, владеющие различными языками, то присутствует автоматический перевод сообщений.

Для обустройства групповых терминалов можно использовать несколько web-камер.

Подключение цифровой «белой доски» и работа с ней стала возможной в последней версии BigBlueButton. Подключение документ-камеры или другого оборудования, очевидно, невозможно (нам не удалось найти примеры подобных решений).

К недостаткам относится и небольшое разрешение видекартинки: 640×480 или 320×240. Однако эти недостатки можно компенсировать использованием интерактивной доски. Все документы и слайды презентаций можно передавать через интерактивную доску, а через видеопоток — только изображение лектора или докладчика.

Очевидным преимуществом является нелимитированное количество присоединяющихся пользователей (их число определяется мощностью сервера).

Предусмотрена возможность записи и последующего просмотра конференций.

Требования к пропускной способности сети определены на сайтах разработчика. Каждое подключение к серверу требует 256 Кбит/с, хотя клиент может выбирать подключение более низкого качества, требующее меньшей пропускной способности канала, 160 Кбит/с.

Преимущества и недостатки разных систем ВКС сведены в табл. 7.

В отличие от аппаратных систем ВКС, которые предоставляют комплексные решения, качественное использование OpenMeetings и BigBlueButton требует определения оптимальных параметров оборудования сервера и производительности сетевой инфраструктуры. Для получения количественных оценок были проведены тесты.

Таблица 7. Преимущества и недостатки систем ВКС

Требования к системам ВКС	Вид ВКС		
	аппаратные	программные	специализированные
Организация связи в пределах рабочей группы	+/-	+	+
Проведение заседаний научных коллективов	+	+	+
Организация дистанционного обучения	+	+/-	-
Надежность	+	+/-	+/-
Качество аудио и видео	+	-	+
Запись проведения конференции	+	+	-
Виртуальные комнаты общения	+	+	+
Управление пользователями	+	+	-
Подключение удаленных пользователей	+	+	+
Подключение удаленных коллективов	+/-	+/-	+
Публичный доступ к конференции	+	+	-
Модерация конференции	+	+	+
Нелимитированность одновременного подключения	-	+	+
Наличие интерактивной доски	-	+	+/-
Наличие частного и группового чатов	-	+	+
Планирование проведения конференций	-	+	+/-
Работа системы с различными мультимедиа-протоколами	-	+/-	-
Разнообразие дополнительного оборудования	+	-	+/-
Адаптивность системы	-	+	+
Цена внедрения	-	+	+

Примечание: преимущества (+); недостатки (-).



Установка OpenMeetings и BigBlueButton — непростая задача. Во-первых, для распространенных дистрибутивов не существует стандартных инсталляционных пакетов. Во-вторых, обе системы требуют большое количество дополнительных библиотек и программ. Для проведения тестов с BigBlueButton был использован доступный Ubuntu-образ VM VMware. Установка и запуск образа VM выполнены успешно, получить тестовую систему удалось с минимальными затратами.

Для тестирования ВКС OpenMeetings была установлена на физический сервер с процессором Intel Core i5, 16 Гбайт ОЗУ и предустановленной ОС OpenSuse Linux. Развертывание OpenMeetings предполагает добавление дополнительного репозитория Packman. Это внешний репозиторий пакетов для OpenSuse, который предоставляет доступ к различным мультимедиа-приложениям и библиотекам. Компоненты системы, которые не будут обнаружены в репозитории, будут установлены из исходных кодов в предназначенную для этого директорию /opt.

Следующим шагом является установка необходимых для работы OpenMeetings программ и библиотек (рис. 33). Их список можно найти на официальном сайте проекта: <http://openmeetings.apache.org/installation.html>. Программа конвертации форматов офисных приложений JODConverter не была найдена в репозитории, ее пакет был закачан (<https://code.google.com/p/jodconverter/>) и установлен в директорию /opt/jodconverter.

OpenMeetings была загружена с официальной страницы и распакована в директорию /opt/openmeetings. Непосредственный запуск сервера осуществляется с помощью скрипта red5.sh, находящегося в директории установки. Дальнейшая установка и настройка выполняется с помощью браузера, по адресу <http://localhost:5080/openmeetings/install> (рис. 34). Заполнив поля (имя, пароль и адрес электронной почты администратора, а также путь к JODConverter), нажимаем на кнопку «Install». После достаточно продолжительной инсталляции появляется сообщение о том, что сервер готов к работе.

С установленной системой были проведены эксперименты. В результате получены количественные оценки производительности сервера и пропускной способности канала связи. Следует отметить небольшие требования системы по параметрам физического сервера. Так, при проведении конференции с участниками не более 10 человек средняя загрузка CPU должна быть не более 0,7 %, а потребляемая память ОЗУ — не превышать 2 Гбайт.

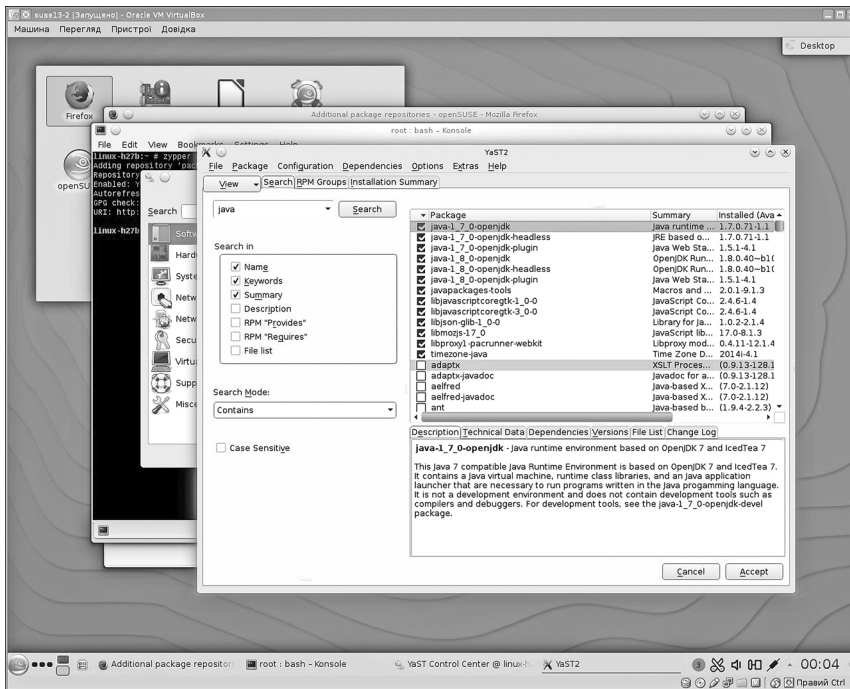


Рис. 33. Установка программ и библиотек, необходимых для OpenMeetings

Для исследования трафика на стороне сервера ВКС проведены тесты для таких условий: создана конференция в режиме рабочей группы в одной виртуальной комнате, полоса пропускания для одного подключения к серверу равна 256 Кбит/с. Каждое подключение создает один канал передачи аудио- видеоданных от клиента к серверу и каналы от сервера к клиенту для передачи мультимедиапоток от других пользователей. Необходимое значение  $BW_{сервера}$  ВКС OpenMeetings для приведенных выше условий рассчитывается по формуле

$$BW_{сервера} = 256 * U^2,$$

где  $U$  — число пользователей конференции.

Алгоритм расчета полосы пропускания для ВКС BigBlueButton опубликован в документации проекта [207].

Фактический трафик измерялся на сетевом интерфейсе сервера (рис. 35).

## 4.1. Классификация известных систем, выбор видеоконференцсвязи

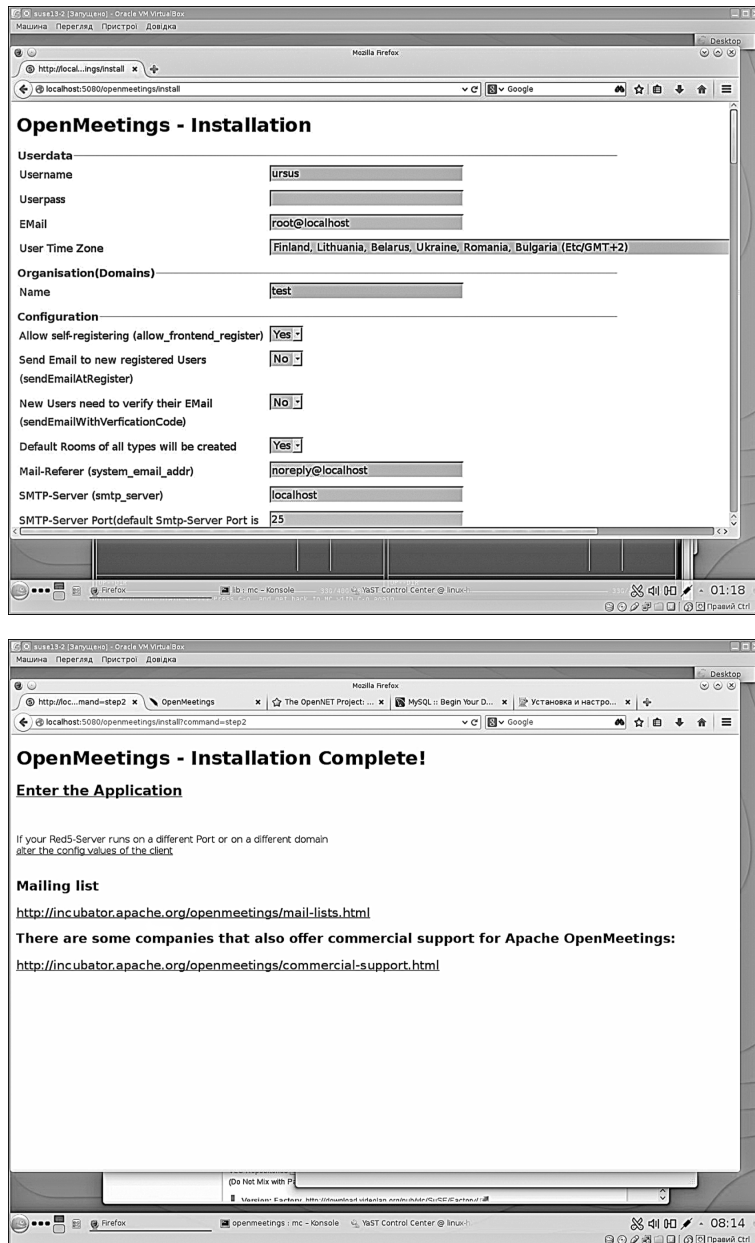


Рис. 34. Установка OpenMeetings

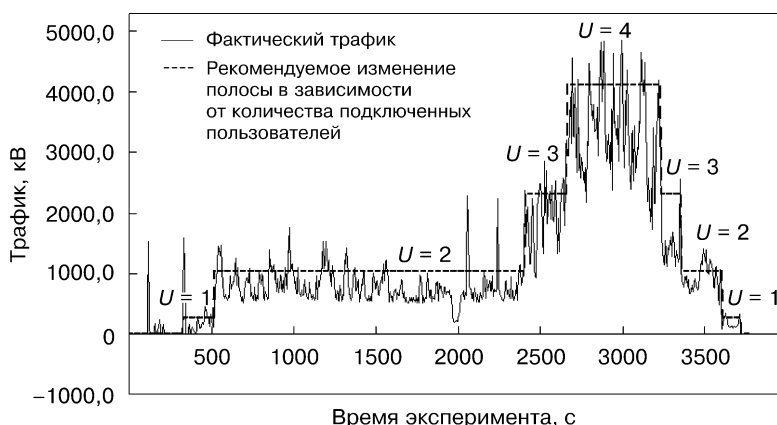


Рис. 35. Фактический и расчетный трафики, используемые при проведении тестовой конференции OpenMeetings до четырех пользователей

Важным фактором на этапе предпроектного решения, влияющим на качество работы систем ВКС, является оценка пропускной способности каналов связи. В результате проведенного эксперимента подтверждена возможность практического использования приведенной выше формулы для полосы пропускания сервера ВКС.

#### 4.1.4. Обсуждение вопроса

В данной работе на основе анализа современных аспектов научной и научно-учебной деятельности коллективов рассмотрены и сформулированы требования к системам видеоконференцсвязи как к наиболее оптимальным средствам коммуникации при исследовании моделей образования, соответствующих требованиям всеобщего доступа к обучению, непрерывности и трансграничности. Выбор сделан в пользу программных систем ВКС с открытым кодом (бюджетное решение), удовлетворяющих требованиям функциональность/цена при разрешении видеокартинки качества SD, однако этот недостаток можно компенсировать использованием интерактивной доски. Документы и слайды презентаций можно передавать через интерактивную доску, а через видеопоток — только изображение лектора.

При необходимости обеспечить высокое качество изображения (HD или FullHD), очевидно, следует прибегнуть к аппаратному

решению системы ВКС приоритетных фирм, но необходимо тщательное исследование вопроса: сможет ли существующая компьютерная сеть позволить комфортное использование таких систем?

Особый интерес вызывает специализированная AccessGrid, объединяющая широкую научную общественность разных стран. В рамках этой среды регулярно проходят научные конференции, семинары, работают виртуальные научные коллективы. Однако процедура регистрации в системе AccessGrid централизована, что не позволяет проводить конференции с большим количеством локальных участников (публичные семинары и лекции, обучение в рамках научно-учебной организации). Кроме того, эта система достаточно ресурсоемкая и требует значительных вложений, что под силу только крупным научным объединениям.

## **4.2. МУЛЬТИМЕДИЙНЫЙ ТРАФИК: СЕТИ, КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ, ПРОТОКОЛЫ ПЕРЕДАЧИ, СЖАТИЕ АУДИО- И ВИДЕОПОТОКОВ**

### **4.2.1. Особенности передачи мультимедиа трафика**

Передача мультимедийного трафика, который представляет собой оцифрованные видеозображение и речь, предъявляет определенные требования к производительности компьютерных сетей (КС), способам и протоколам его передачи. Традиционно при разработке протоколов КС основным критерием качества передачи данных являлась целостность (отсутствие ошибок) содержимого, а продолжительность передачи, зависящая преимущественно от пропускной способности сети, имела второстепенное значение. Необходимость в передаче мультимедийного трафика [208], возникшая с развитием КС и появлением глобальной сети Интернет, предъявляет повышенные требования к производительности сети и критериям качества передачи. В связи с этим в настоящее время много усилий прилагается к созданию сетей (оборудования, протоколов и т. п.), способных передавать мультимедийные данные.

В рекомендациях RFC-2544 («How it helps qualify a carrier ethernet network») [209] установлены параметры производительности обслуживания трафика в компьютерных сетях. Этими рекомендациями определяются основные параметры качества сети:

- пропускная способность;
- время задержки при передаче пакета;

- сетевой джиттер (неравномерность задержки);
- количество потерянных пакетов;
- количество пакетов с ошибками.

Рассмотрим каждый параметр и требования, которые накладывает на него мультимедийный трафик.

*Пропускная способность* — это допустимый объем информации, передача которого возможна через канал связи. Мультимедийным данным, передающим изображения в реальном времени, нужна гарантированная полоса пропускания, иначе передача такого потока может полностью заблокировать любой другой трафик в сети.

*Время задержки* при передаче пакета — это время, необходимое пакету для достижения пункта назначения. Из многих составляющих времени задержки выделим задержку передачи и ожидание в очередях на обслуживание оборудованием сети. Для сохранения приемлемого уровня взаимодействия и избегания искусственных (ненужных) пауз время задержки должно быть минимизировано.

При передаче интерактивного мультимедийного трафика (например, при общении двух или более пользователей видеоконференции) продолжительность задержек не должна превышать одну секунду, иначе пользователи будут вынуждены прерывать общение и ждать ответа на свои сообщения.

Продолжительность задержек при передаче односторонней поточной аудио- и видеотрансляции может достигать нескольких секунд. Для такого трафика полоса пропускания более важна, чем период задержки.

*Сетевой джиттер (jitter)* — это разница между сквозным временем задержки, возникающим при передаче через сеть различных пакетов. Мультимедийные пакеты должны прибывать в определенном порядке и своевременно. Значение джиттера должно быть меньше определенного порога для избежания пауз между пакетами, уровня прослушивания раздражающих звуков и провалов при передаче. Неравномерность задержки сглаживают посредством использования буферов, но это увеличивает ее общее время. Если колебания задержки будут превышать возможности буфера, то он будет работать с недозагрузкой или перегрузкой, что ухудшит качество связи.

Мультимедийный трафик достаточно стойкий относительно количества потерянных пакетов и пакетов с ошибками, когда небольшое количество отсутствующих данных можно определить

на основе полученных. Однако его устойчивость имеет пределы, поэтому процент потерянных пакетов не должен быть высоким (не более 1 %).

Таким образом, можно утверждать, что при передаче мультимедийного трафика данные должны передаваться сплошным потоком. При этом важными параметрами являются задержка пакета и джиттер. Допускается частичная потеря данных.

#### 4.2.2. Методы обеспечения качества обслуживания (QoS) трафика

Обеспечить параметры производительности КС для передачи мультимедийного трафика можно применив методы обеспечения качества обслуживания (QoS), которые действуют на алгоритмы управления очередью, резервирования и обратной связи пакетов в коммуникационных устройствах при передаче трафика.

Существует несколько моделей обеспечения QoS. Модель «лучшая возможность» (Best Effort Service) использует все доступные ресурсы сети без выделения отдельных классов трафика и регулирования. Обеспечением механизма QoS в этой модели является увеличение пропускной способности. Но даже при наличии больших резервов возможно возникновение перегрузок в случае резких всплесков трафика.

Международная организация IETF (Internet Engineering Task Force) определила две основные модели обеспечения QoS: интегрированное обслуживание (IntServ) и дифференцированное обслуживание (DiffServ) [210, 211].

Модель интегрированного обслуживания использует протокол резервирования сетевых ресурсов Resource ReSerVation Protocol (RSVP), который обеспечивает необходимую пропускную способность во всех промежуточных узлах [212].

Протокол RSVP функционирует следующим образом: узел-источник до передачи данных отправляет в сеть специальное сообщение о типе передаваемой информации и резервировании канала с необходимыми параметрами пропускной способности. Сообщение передается между маршрутизаторами по всей линии от узла отправителя до узла назначения. При этом определяется последовательность маршрутизаторов, в которых необходимо зарезервировать определенную полосу пропускания. Маршрутизатор, получив такое сообщение, проверяет свои ресурсы и определяет возможность выделения необходимой пропускной полосы. При ее отсутствии маршрутизатор отбрасывает запрос. Если необхо-

димая пропускная способность доступна, то маршрутизатор настраивает алгоритм обработки пакетов таким образом, чтобы указанному потоку всегда предоставлялась требуемая пропускная способность, а затем передает сообщение следующему маршрутизатору на этом пути. В результате по всему пути от узла отправителя до адреса назначения резервируется необходимая пропускная способность.

При применении модели дифференцированного обслуживания управление QoS осуществляется в пределах определенной области (DiffServ-доменов), где установлена единая политика обслуживания информационных потоков. Когда пакет данных попадает в зону DiffServ-домена, на основе анализа заголовка пакета осуществляется классификация и присвоение ему номера определенного класса обслуживания DSCP (DiffServ CodePoint). Выбранное значение DSCP записывается в заголовок IP-пакета (поле ToS). Для каждого класса обслуживания администратор DiffServ-домена может установить набор требований к параметрам QoS. По всему пути следования пакета маршрутизаторы обрабатывают DSCP и в соответствии с его значениями пересылают пакет следующему маршрутизатору, гарантируя соблюдение установленных требований к параметрам QoS. При этом часть пакетов может быть перемещена в очередь или отвергнута, если информация поступает быстрее, чем это разрешено для данного класса обслуживания.

В DiffServ не предусмотрены механизмы информирования сетевых устройств со стороны сервиса о том, сколько ресурсов ему необходимо или какое количество потоков запланировано для передачи. В этом плане архитектура DiffServ соответствует традиционной архитектуре сети Интернет, когда на сетевых устройствах не запоминается информация об активных потоках, а запоминаются только правила обработки пакетов и в каждом пакете содержится информация, необходимая для его доставки. Качество передачи пакетов обеспечивается тем, что все промежуточные устройства выполняют идентичный алгоритм обработки.

Сравнивая эти две модели, можно заметить, что модель IntServ четко детализирует маршрут и предоставляет определенную и гарантированную пропускную способность. Этот механизм легко контролируется, поскольку отслеживаются маршрут и каждое соединение. Однако есть и недостатки, препятствующие широкому применению IntServ в пакетных сетях [213]. Основные из них:



- увеличивается время установления соединения, что крайне нежелательно при передаче интерактивных медиапотокков;
- отсутствует поддержка механизмов высвобождения и резервирования необходимой полосы пропускания для передачи высокоприоритетного потока при одновременном обслуживании нескольких потоков;
- при отправке служебных сообщений протокол RSVP использует транспортный протокол UDP. Поэтому происходит потеря подряд нескольких служебных сообщений и процедура выполнения резервирования прерывается;
- процедура анализа доступных ресурсов в RSVP используется только на стадии резервирования.

Процесс резервирования канала происходит последовательно на каждом маршрутизаторе пути следования потока, и на каждом из них можно получить отказ в обслуживании. Возможны случаи, когда во время резервирования потока, который в итоге получает отказ, маршрутизаторы, выделившие ресурс для этого потока, отказывают в выделении ресурса другим, потенциально возможным, потокам. Поэтому приложение будет вынуждено повторно давать запрос на резервирование ресурсов, а это при наличии перегрузок в сети может привести к лавинообразному возрастанию служебного трафика.

Учитывая особую важность масштабируемости больших пакетных сетей, организация IETF предложила для широкого использования модель DiffServ, несмотря на такие ее недостатки [213]:

- отдельные внутренние маршрутизаторы могут неадекватно отреагировать на значение битов в поле ToS или даже уменьшить их;
- поскольку DiffServ работает за счет выборочного сброса пакетов в периоды перегрузки сети связи, то соединения с низким приоритетом вообще могут разорваться во время «пиков» сетевой активности.

К преимуществам модели DiffServ относятся:

- единое понимание того, как должен обрабатываться трафик определенного класса;
- разбиение трафика на относительно небольшое количество классов, вместо анализа каждого информационного потока в отдельности;
- отсутствие необходимости предварительного соединения и резервирования ресурсов;

- не требуется высокая избыточная мощность сетевого оборудования;
- вспомогательные протоколы сигнализации не присутствуют, т.е. проблема совместимости оборудования разных производителей неактуальна.

### 4.2.3. Протоколы передачи мультимедиа трафика

В сетях, построенных на основе протокола IP, пакеты могут теряться или может измениться порядок их поступления; данные, передаваемые в пакетах, могут искажаться. В этих условиях для обеспечения надежной доставки информации используются различные процедуры транспортного уровня. Для мультимедиа трафика нужны специализированные протоколы транспортного уровня, способные обеспечить восстановление исходной последовательности пакетов, их доставку с минимальной задержкой, восстановление в реальном масштабе времени в точно заданные моменты, распознавание трафика групповой или двусторонней связи.

**Транспортный протокол реального времени RTP (Real-Time Transport Protocol)** [214] регламентирует передачи пакетов мультимедийных данных на транспортном уровне и дополняется протоколом управления передачей данных в реальном масштабе времени RTCP (Real-Time Control Protocol). Протокол RTCP в свою очередь обеспечивает контроль доставки мультимедийных данных, качества обслуживания, передачи информации об участниках текущего сеанса связи и управления идентификацией.

Протокол RTP используется для сквозной передачи в реальном времени мультимедийных данных, таких как интерактивные аудио и видео. Он выполняет распознавание типа трафика, нумерацию последовательности пакетов, работу с метками времени, контроль передачи. Для выполнения указанных услуг протокол RTP присваивает каждому исходящему пакету временную метку. На принимающей стороне временные метки пакетов указывают на то, в какой последовательности и с какими задержками их необходимо воспроизводить, что позволяет уменьшить влияние неравномерности задержки пакетов в сети и восстановить синхронизацию между аудио- и видеопотоками. Протокол RTP поддерживает как двустороннюю связь, так и передачу данных группе адресатов. Хотя RTP и RTCP не зависят от транспортного и сетевого уровней, обычно они функционируют поверх протокола UDP.

Существует такая версия RTP протокола с применением кодирования и проверки целостности данных, как SRTP [215]. Так как RTP тесно связан с RTCP, то в последнем также содержится родственный протокол Secure RTCP (SRTCP). Он обеспечивает безопасность в RTCP.

Взаимодействие программ, использующих обмен мультимедиа трафиком с применением протоколов передачи RTP и RTCP, происходит следующим образом. Для организации многоточечной аудиоконференцсвязи программе нужно открыть два сетевых порта. Один из них используется для обмена звуковыми данными (RTP), а другой — для пакетов управления протокола RTCP (если возникает потребность в конфиденциальности, то используются протоколы SRTP и SRTCP). Информация о групповом адресе аудиоконференции, портах, а в случае необходимости о ключах шифрования сообщается участникам конференции. Обмен между аудиопрограммами осуществляется небольшими порциями (десятки мс). Данные аудиопотока вкладываются в RTP (SRTP)-пакет, который инкапсулируется в пакет UDP. Служебные данные об аудиопотоке (например, тип кодирования) вкладываются в заголовок каждого RTP-пакета, что позволяет изменять параметры аудиопотока при передаче согласно текущим условиям сети. Для контроля качества передаваемой аудиоинформации программа периодически направляет другим участникам конференции (на открытый порт RTCP) служебную информацию, которая используется для управления параметрами кодеров. Это повышает качество звука и мониторит пропускную способность сети.

Видеосигнал передается по отдельной паре портов RTP и RTCP. Такое разделение позволяет определенным пользователям конференции получать только один вид потока (аудиопоток). Синхронизация между видео и аудио достигается с помощью временных меток RTCP-трафика в каждом потоке.

Для обеспечения возможности общения между участниками конференции в разных сегментах сети с неодинаковой пропускной способностью используется средство связи уровня RTP, которое называется микшером. Микшер повторно синхронизирует входные звуковые и видеопакеты, восстанавливает потоки, осуществляет кодирование каждого потока для узкой полосы пропускания и формирует новые пакеты для низкоскоростного сегмента сети. Микшер видеосигнала может масштабировать видеоизображение из независимых потоков и объединять их в один поток, моделируя групповую сцену.

Некоторые участники конференции могут находиться за брандмауэром, который не может пропускать пакеты многоочечной связи (IP multicast). Для доступа таких участников к конференции необходимо применять RTP-трансляторы. RTP-транслятор, установленный до брандмауэра, собирает все групповые пакеты и передает их в другой RTP-транслятор, который установлен после брандмауэра. Последний их снова разворачивает в групповые пакеты и передает дальше в сеть.

**Стандарты стека протоколов H.32x** содержат описание оборудования, сетевых служб и терминальных устройств, предназначенных для осуществления аудио- и видеосвязи в сетях с коммутацией пакетов.

Краткий перечень стандартов H.32x:

- H.320 — протокол передачи данных через сети ISDN (ведущая телефония). Устанавливает требования к обработке аудио- и видеoinформации, описывает универсальные форматы для обеспечения совместимости разных устройств ввода-вывода звука и видеоизображения, определяет протоколы для взаимодействия систем конференций и синхронизации аудио- и видеосигналов [216];

- H.323 — протокол, обеспечивающий совместимость компонентов, протоколов и процедур при двусторонней связи и передаче данных группе адресатов в режиме реального времени звуковых сигналов, видеосигналов и данных по сетям с пакетной коммутацией;

- H.324 — протокол передачи голоса, видеосигнала и данных через обычные телефонные линии с низкой пропускной способностью. Может быть интегрирован в видеотелефон и обеспечивать двухстороннюю или многостороннюю видеоконференцсвязь (при наличии отдельного сервера многоочечной связи);

- H.325 — протокол, обеспечивающий шифрование при передаче данных с помощью протокола H.323;

- H.239 — протокол, поддерживающий несколько видеопотоков в рамках одного сеанса;

- H.460 — расширение протокола H.323 для обхода NAT (трансляция сетевых адресов) и Firewall (система сетевой защиты), что позволяет соединяться двум конечным точкам без промежуточного узла.

Стандарт Международного союза электросвязи (ITU) — H.323 — для передачи мультимедийного трафика (речи, видеоизображений и данных) через КС с коммутацией пакетов без

установления логического соединения, не обеспечивающих гарантированное качество обслуживания сетей (например, сетей на базе протокола IP). Эта технология позволяет создавать мультимедийную сеть на основе существующей инфраструктуры ЛВС или корпоративной сети. Важным преимуществом стандарта является возможность передачи данных с помощью сети Internet. Стандарт обеспечивает управление вызовом, мультимедийным трафиком и полосой пропускания для двусторонних и многоточечных телеконференций. H.323 осуществляет поддержку стандартных аудио- и видеокодеков. Обычно в качестве протокола транспортного уровня для пакетов H.323 используют протокол RTP. Это позволяет нейтрализовать влияние неравномерности задержек пакетов в сетях.

Архитектура сети стандарта H.323 базируется на четырех основных компонентах (рис. 36): терминальное оборудование (Terminal), сервер многоточечного доступа (MCU — Multipoint Control Unit), шлюз (Gateway), устройство управления доступом (Gatekeeper).

Терминальное оборудование — это ПК или автономное устройство, способное выполнять мультимедиа-приложение.

Сервер многоточечного доступа MCU служит для организации видеоконференции с количеством участников три и больше. Все терминалы, участвующие в конференции, подключены к MCU. Он управляет ресурсами конференции, согласовывает возможности терминалов по обработке звука и видео, определяет аудио- и видеопотоки, которые необходимо направлять на адреса участников.

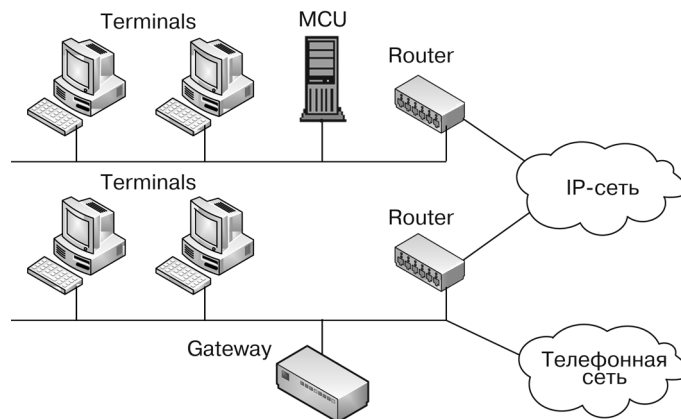


Рис. 36. Архитектура сети согласно протоколу H.323

Шлюз — дополнительный компонент, который организует связь между различными сетями (например, телефонной).

Устройство управления доступом может быть выполнено как часть шлюза или сервера MCU. Оно контролирует и управляет зоной сети видеоконференции, т. е. осуществляет:

- регистрацию конечного оборудования;
- контроль доступа пользователей к услугам;
- преобразование alias-адреса (телефонного номера, адреса, электронной почты и др.) в транспортный адрес (IP-адрес и порт TCP/UDP);
- контроль, управление и резервирование пропускной способности сети.

Понятие «H.323-зона» — это совокупность терминалов, шлюзов и серверов MCU, управляемых одним контроллером. В зоне присутствует как минимум один терминал. Кроме того, она может включать в себя сегменты ЛВС, объединенные маршрутизаторами.

**Протокол установления сессии** (Session Initiation Protocol — SIP) [217] предназначен для организации, изменения и завершения сеансов связи. SIP не зависит от транспортных технологий, однако при использовании КС для передачи данных управления он применяет UDP, а для передачи мультимедиа потока — RTP.

Протокол SIP используется как альтернатива стандарту H.323, но их можно применять и совместно.

Стандартными элементами в SIP-сети являются:

- терминал (User Agent) — устройство, или программа, которая обеспечивает вызов (ответ на вызов) абонента и мультимедиа-связь;
- сервер определения местоположения, или сервер регистрации, (Register) управляет доступом пользователей к сеансам связи и определяет их текущий IP-адрес. Мобильный пользователь поддерживается протоколом SIP без изменения его подключения;
- прокси-сервер определяет местоположение клиента и перенаправляет к нему вызов, обращаясь к серверу регистрации. Прокси-сервер может быть совмещен с сервером определения местоположения (Register-сервер);
- сервер переадресации в отличие от прокси-сервера только «переадресует» клиента, но не устанавливает собственные соединения.

**Real Time Messaging Protocol (RTMP)** — протокол обмена сообщениями в реальном времени, разработанный и выпущенный

корпорацией Adobe, используется преимущественно для передачи потокового видео, а также видеопотоков с веб-камер через Интернет. Широко используется для построения программ-видеоплееров с использованием технологии Flash в Интернет-браузерах (например, сервис [www.youtube.com](http://www.youtube.com)).

В 2009 году Adobe опубликовала спецификацию RTMP v1.0 [193] и, несмотря на то, что спецификация не полная и имеет ряд несоответствий, энтузиасты сообщества GNU разработали программные продукты для поддержки этого протокола. Существуют разные модификации протокола, например RTMPe, RTMPt.

#### 4.2.4. Сжатие аудио- и видеопотоков

Для ослабления требований к пропускной способности канала аудио- и видеопотоки сжимают с помощью различных алгоритмов. Такие алгоритмы называются аудио- и видеокодеками. Для аудиопотоков применяют следующие кодеки:

- G.711. В основу аудиокодека положен принцип уменьшения числа уровней квантования сигнала в области высокой громкости при сохранении качества звука. Этот кодек широко применяется в телефонии. Сигнал передается потоком объемом 64 кбит/с;

- G.722 — широкополосный стандарт сжатия звука. Создает поток объемами 48, 56 и 64 кбит/с. Алгоритм сжатия базируется на адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции (ADPCM);

- G.729 — специализированный кодек для передачи с потерей данных. Основная функция — передача параметров аудио-сигнала (спектральной характеристики, количества переходов через ноль и др.), достаточных для последующего синтеза на принимающей стороне. Пропускная способность канала 8 кбит/с. Этот кодек выдвигает достаточно высокие требования к ресурсам процессора;

- MP3 (MPEG-1/2 / 2.5 Layer 3) использует спектральные отсечения согласно психоакустической модели: удаляются сигналы, которые не слышит «среднестатистическое» ухо человека. Затем применяются математические методы сжатия и упаковка во фреймы. Каждый фрейм может иметь несколько контейнеров, что позволяет хранить информацию о нескольких потоках (левый и правый каналы и т.д.). Степень сжатия можно варьировать. Интервал возможных значений потока составляет 8—320 кбит/с.

Сжатие видео происходит по двум направлениям: 1) сжатие самого кадра (пространственный избыток), 2) поиск различий в предыдущем и следующем кадрах (временной избыток). Таким образом, типичный метод сжатия видео начинается с кодирования первого кадра по определенному алгоритму компрессии изображения (внешний кадр). При кодировании следующих кадров находят различия с предыдущим и кодируют их (внутренний кадр). Если новый кадр сильно отличается от предыдущего, то его кодируют независимо.

Существующие стандарты:

- H.261 — стандарт сжатия видеосигнала, который разрабатывался для видео-телефонной связи по обычным телефонным линиям со скоростью передачи данных до 64 кбит/с. Поскольку на передаваемом изображении, как правило, должны быть голова и плечи абонента, то разрешающая способность требуется не большая: 177×144 (QCIF) и 352×288 (CIF) пикселей;

- H.263 — это обновление протокола H.261. Стандарт позволяет передавать видеосигнал с постоянной скоростью, как правило, не более 128 кбит/с. Стандарт разработан специально для видеоконференцсвязи по каналам с низкой пропускной способностью. Этот стандарт был улучшен до версий H.263+ и H.263++;

- H.264 был разработан в 2003 году и в дальнейшем доработан. В настоящее время это наиболее современный стандарт сжатия видеосигнала, используемый в HDTV (телевидение высокой четкости), видеоконференциях и многих других областях обработки цифрового видеосигнала;

- MPEG-4, AVC (Advanced Video Coding) и H.264 фактически идентичны, поскольку разрабатывались совместно и обладают сходными техническими характеристиками. На сегодня для видеоконференцсвязи используются преимущественно стандарты H.264 и H.263. Кроме того, поддерживается протокол H.261.

Расчет полосы пропускания для трафика мультимедиа является сложной задачей, включающей совокупность таких переменных, как применяемые кодеки, разрешение видео и уровень активности потока, а также топологии сети и использование многоточечного (multicast) потока мультимедиаданных.

Ниже приведены данные о полосе пропускания полезной нагрузки для разных аудио- и видеокодеков. Значения актуальны для трафика RTP, инкапсулированного в пакет UDP (IP) для одного аудио- или видеопотока. Данные взяты с сайта Microsoft [218].



Таблица 8. Полоса пропускания для разных кодеков

Аудиокодек	Скорость полезной нагрузки на аудио, кбит/с	Полоса пропускания полезной нагрузки, кбит/с		
		аудио, только IP-заголовки	аудио, IP-заголовки, UDP, RTP и SRTP	аудио, IP-заголовки, UDP, RTP, SRTP и ошибки, исправленные методом прямой коррекции
G.711	64,0	80,0	92,0	156,0
G.722 Моно	64,0	80,0	95,6	159,6
G.722 Стерео	128,0	144,0	159,6	223,6

Полоса пропускания для разных аудиокодеков (табл. 8) базируется на значениях пакетирования 20 мс (50 пакетов в секунду). В потоке содержатся дополнительные элементы протокола SRTP. При этом предполагается, что поток активен на 100%. Метод прямой коррекции ошибок (FEC) для сохранения качества аудиопотока используется динамически при потере пакетов в канале.

Необходимая полоса пропускания для видеопотока (табл. 9) зависит от разрешения, качества и частоты кадров. Для каждой разрешающей способности существуют два значения скорости передачи данных, которые следует учитывать:

- скорость передачи при максимальной полезной нагрузке, когда обеспечивается максимальная частота кадров при наилучшем качестве изображения;
- скорость передачи при минимальной полезной нагрузке. Это значение является минимально допустимым для случая, когда максимальная скорость передачи не доступна или не нужна.

Таблица 9. Полоса пропускания для H.264-видеокодека и разных разрешений видеопотока

Разрешение и пропорции сторон видеоизображения	Скорость полезной нагрузки видео, кбит/с	
	максимальная	минимальная
320×180 (16:9) 212×160 (4:3)	250	15
480×270 (16:9) 424×320 (4:3)	450	200
848×480 (16:9)	1500	400
960×540 (16:9)	2000	500
1920×1080 (16:9)	4000	1500
1280×192 (20:3)	1000	250
1920×288 (20:3)	2000	500

Заметим, что для видеосцен без движения объекта или с небольшими его перемещениями фактическая скорость передачи данных может временно становиться меньше минимальной.

При планировании пропускной способности сети необходимо учитывать и полосу пропускания управляющего трафика RTCP, значение которого не превышает 15 кбит/с.

Напомним, что в п. 2.3.1.3 и на рис. 16 приведены данные из опубликованного компанией Cisco отчета [91, 92], в частности, о готовности сетевой инфраструктуры основных регионов мира к поддержке облачных услуг для социальных сетей и web-конференций. Исследователи пришли к выводу, что во всех регионах мира, где проведен такой анализ [92], готовы к внедрению облачных услуг для социальных сетей и web-конференций. Что касается приложений более высокого уровня (видеочаты, видеопотоки высокого разрешения), то сетевые ресурсы для их поддержки есть в Азиатско-Тихоокеанском регионе, Западной Европе, Центральной и Восточной Европе и Северной Америке. Фрагментарно результаты исследований [92] сведены в табл. 4. Ни один из исследованных регионов не имеет сетевых ресурсов, достаточных для поддержки таких передовых облачных приложений, как видеоконференции с высоким разрешением. Однако в регионах существуют страны, например Южная Корея и Япония, где такие возможности есть.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разработках и использовании облачных технологий достигнут определенный прогресс. Это подтверждают результаты анализа развития облачных ИТ-услуг в мировом сообществе и становления новой бизнес-модели в странах СНГ. Однако «открытая дорога» для таких технологий еще не наблюдается. Это связано с дискуссиями, содержательная ограниченность которых может искусственно сдерживать развитие этого важного направления. Такой же точки зрения придерживаются аналитики компании Gartner [219, 220]. Они считают, что вследствие недооценивания и «шумихи» вокруг облачных вычислений существуют связанные с ними неверные представления и мифы. Это такие утверждения, как «облака — это прежде всего экономия денег», «то, что не облачное, — не годится», «облака нужно использовать для всего подряд», но «облако не подходит для критически важных систем», «облако менее защищено, чем локальные системы». Кроме того, неверно трактуется виртуализация, нет полного понимания облачной стратегии и пр.

Gartner отмечает, что экономия может стать одним из преимуществ использования облака, но рассчитывать на то, что ее можно достичь при любой модели развертывания, не стоит. Расценки по сервисной модели «программное обеспечение как услуга» не снижаются. Далеко не все приложения и задачи получат преимущества от переноса в облако. Например, если нет перспектив сэкономить, то преобразование унаследованного приложения без изменений — вряд ли целесообразно. Желание все уложить в «прокрустово ложе» облака — прямое следствие массовой шумихи и недобросовестность ИТ-служб, которые сегодня что угодно могут назвать облаком, лишь бы получить финансирование и осуществить не вполне определенную облачную стратегию. Начиная разработку облачной стратегии, нужно опреде-

литься с бизнес-целями и понять, помогут ли их достижению потенциальные преимущества облака. Принимать волонтаристическое решение о переносе ИТ-среды в облако недопустимо. Обычно перенос в облако осуществляют постепенно, начиная с некритически важных систем. Во многих организациях этот этап уже пройден и облака используются для критически важных нагрузок. Некоторые стартапы вообще пользуются только облаком, не имея собственной ИТ-среды.

Еще одно важное замечание. Не следует полагать, что переход в облако означает автоматическое наследование его характеристик. Необходимо делать различия между приложениями, размещенными в облаке, и облачными сервисами. Возможен частичный переход с получением отдельных важных преимуществ, таких как отсутствие необходимости покупать оборудование.

Касательно разных трактовок понятий и характеристик модели облачных вычислений NIST в материалах, изложенных в [59], дает исчерпывающие разъяснения для каждого случая применения. Обычно многие высказывания об облаках (например, облакам свойственно масштабирование при очень больших нагрузках, облака заменяют капитальные затраты на текущие и т.п.) справедливы только относительно некоторых видов облаков. Во избежание путаницы NIST дает точное определение каждому такому высказыванию с указанием типа облака, к которому оно относится, т.е. каждое утверждение имеет свою «сферу использования».

Относительно того, что облако менее защищено, чем локальные системы, то это просто поверье, неоснованное на результатах реального анализа защищенности облаков. На сегодня отмечено мало случаев взлома систем безопасности публичных облаков — большинство инцидентов такого рода происходит в локальных корпоративных средах [219].

Безопасность использования облачных систем, как и традиционных информационных систем, зависит от одних и тех же факторов. В целом уровень безопасности облака зависит от модели развертывания и опытности как персонала облачного поставщика, так и персонала потребителя. Если у поставщика работает персонал высокой квалификации, то можно говорить о более высоком уровне защищенности в облаке. Показательным фактом может служить государственная программа США по переносу государственных вычислительных нагрузок в облачную инфраструктуру.

В последнее время все чаще используются гибридные модели. По прогнозам аналитиков *Gartner* к концу 2017-го года почти половина крупных компаний мира будет использовать гибридные платформы.

В настоящее время самой распространенной разновидностью облачных систем являются частные облачные системы. Но постепенно компании начинают осознавать, что они не могут обеспечить все потребности. Как считают аналитики, двойственность, присущая облачным технологиям, приводит к существованию разных стратегий успеха в этой сфере. Основной вопрос теперь заключается в том, как облачные проекты будут развиваться. Так, в 2016 году расходы на облачные технологии составят основную часть ИТ-бюджетов. Темпы роста расходов на облачные технологии значительно превышают темпы роста расходов на ИТ в целом [221].

Результаты исследований подтверждают явные преимущества облачных технологий при взаимодействии с другими перспективными информационными технологиями и, прежде всего, интеллектуальными ИТ.

Функциональные особенности облачных технологий позволяют достаточно быстро создавать и развивать распределенные информационные ресурсы различного уровня и назначения, чем достигается выбор экономических инфраструктур и моделей информатизации в рамках общих программ создания и развития информационного общества. Примером может служить архитектурное решение инфраструктуры Многоцелевого комплекса обработки научных данных и исследований как составной части геораспределенных систем с динамическим перераспределением ресурсов, развитыми системами хранения данных и телекоммуникаций, позволяющими оперировать разнообразными информационными средами.

В последние годы все чаще заявляют о себе Big Data, ключевой характеристикой которых помимо значительного объема является их разнообразие: структурированные и многочисленные неструктурированные данные (тексты, документы, электронные письма, web-страницы, мультимедиа и др.). Сочетание широкого спектра типов данных из множества источников и в различных форматах является основным критерием при определении того, может ли приложение рассматриваться в контексте больших данных. Именно поэтому на облака возложена нагрузка, касаю-

щаяся организации виртуальных хранилищ Big Data и предоставления высокопроизводительных средств обнаружения закономерностей исследования и/или анализа для экономичного извлечения ценной информации из больших объемов различных данных.

Предполагается, что в 2020 году публичные и частные облака будут осуществлять «бесшовный», т.е. совместимый, обмен информацией, что станет обычным явлением. Частные облака не объединятся в одно облако, напротив, это будет множество географически распределенных и легкодоступных облаков с хорошо обеспеченной информационной безопасностью [222].

# Приложение А

## ТРАНСПОРТ СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

### П.А.1. FIBRE CHANNEL

В DAS-системах связь между устройствами хранения данных и средствами их обработки осуществляется посредством интерфейсов PATA и SATA с максимальной длиной шин 46 см и 1 м соответственно. Интерфейс SCSI<sup>1</sup>, который (учитывая его стоимость) использовали преимущественно в серверах, имеет длину кабеля шины 12 м (максимальная длина 25 м), и допускает подключение 4, 8, 16 устройств. Прямое подключение хорошо работает с небольшим количеством серверов и с памятью объемом несколько сотен Гбайт. Однако с увеличением объема используемой памяти управление и обслуживание сети усложняется.

Сетевое хранилище NAS — это оборудованный вместительным дисковым массивом компьютер, использующий для управления упрощенную версию ОС<sup>2</sup>. Для предоставления дискового пространства другим устройствам оно подключается к сети Ethernet по протоколу TCP/IP.

Сеть хранения данных SAN — это сетевая архитектура, объединяющая серверы, устройства хранения и рабочие станции с помощью высокоскоростных протоколов передачи данных. Сеть SAN физически изолирована от других сетей, например сети IP, и подобно Gigabit Ethernet содержит собственные коммутаторы и использует такие протоколы: Fibre Channel Protocol (FC), SCSI, Fibre Channel over Ethernet (FCoE), Fibre Channel over IP (FCIP), Internet Small Computer System Interface (iSCSI) [223].

---

<sup>1</sup> SCSI — интерфейс, разработанный для объединения на одной шине разных по назначению устройств (например, жесткие диски, накопители на магнитооптических дисках, приводы CD, DVD, сканеры, принтеры).

<sup>2</sup> Такой ОС является ОС Data ONTAP, используемая для управления системами хранения, разработанными компанией NetApp.

Архитектура SAN на базе FC имеет преимущества перед такой шинной архитектурой, как SCSI, при использовании которой к каждому серверу с помощью шины напрямую присоединен один или несколько дисковых массивов (рис. П.А.1). Такая конфигурация имеет ряд недостатков. Так, каждый сервер располагает только тем объемом памяти, который подсоединен к нему, и не имеет возможности использовать излишки хранилищ других серверов. Поэтому в случае нехватки памяти необходимо подключать еще одно хранилище. Но с увеличением количества устройств на шине проявляются два ограничения, присущие всем шинным архитектурам. Во-первых, при добавлении новых устройств ширина полосы пропускания для каждого устройства уменьшается. Во-вторых, степень готовности SCSI-устройств ограничена, поскольку только у одного контроллера есть последовательный доступ к устройствам. Например, в случае возникновения очереди ко второму SCSI-устройству (см. рис. П.А.1) во время записи данных на первое устройство второе устройство отклоняет использование шины, поэтому только одно (первое) SCSI-устройство на шине готово к работе [224].

Fibre Channel использует коммутируемую архитектуру. Так, можно подключить ряд устройств и каждое сможет функционировать на своей полной полосе пропускания, что позволяет любому серверу получить доступ к любому устройству, а использование какого-либо устройства не повлияет на готовность других устройств. Так как при наличии коммутатора память не зависит от серверов, то она может быть логически консолидирована, ос-

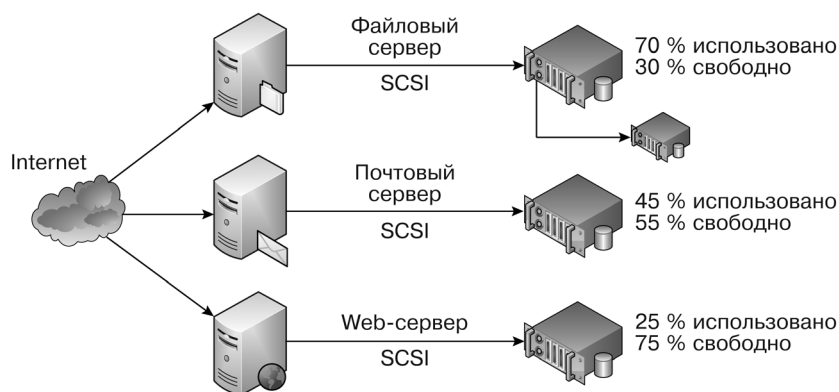


Рис. П.А.1. DAS, построенный с помощью интерфейса SCSI



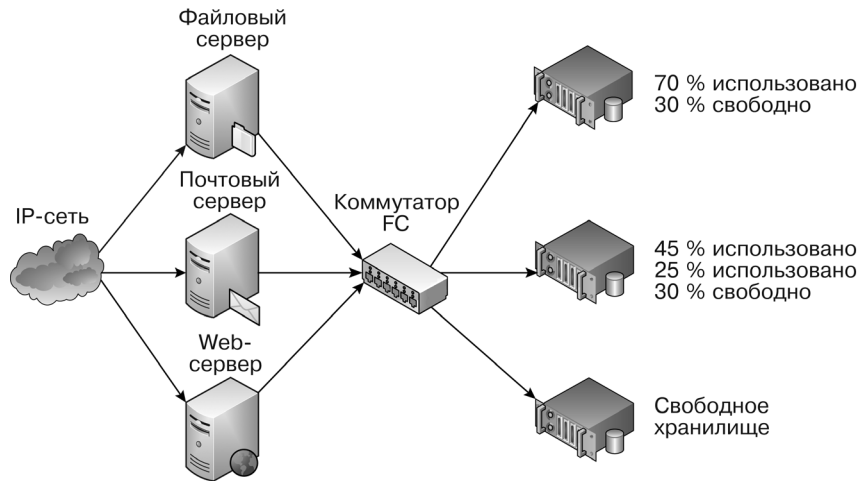


Рис. П.А.2. Сеть SAN, построенная с помощью технологии Fibre Channel

таваясь при этом физически автономной. Для оптимизации конфигураций данные могут перемещаться с одного устройства хранения данных на другое, что позволит полностью освободить место для других приложений (рис. П.А.2) [224].

Топология, основанная на применении коммутаторов, называется коммутируемой связанной архитектурой (switched fabric). К коммутатору могут подключаться устройства с разными скоростями передачи и по разным физическим средам. Switched fabric позволяет подключать большое количество устройств (свыше 16 млн). Добавление новых устройств не влияет на передачу данных между уже подключенными устройствами. На основе коммутаторов можно строить сложные сети, поэтому коммутаторами поддерживаются распределенные службы управления сетью (fabric services), отвечающие за маршруты передачи данных, регистрацию в сети и присвоение сетевых адресов и пр.

Еще одной особенностью технологии Fibre Channel является зонирование, основная задача которого — разделение потоков ввода-вывода в сетях хранения данных SAN. Зона — это ряд устройств хранения, объединенных в группу посредством коммутатора FC. Зона изолирована от других устройств сети, кроме обслуживающих ее серверов и коммутаторов, что повышает безопасность сети, а также позволяет осуществить консолидацию дисковых ресурсов в гетерогенных средах (рис. П.А.3). После консо-

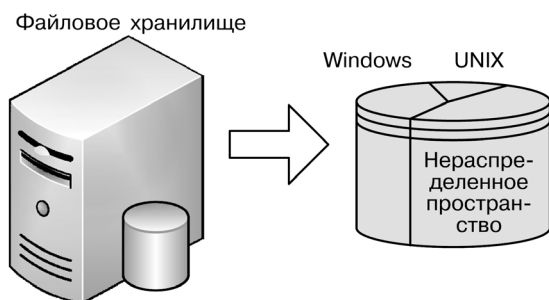


Рис. П.А.3. Виртуализация памяти с помощью SAN-устройства

лидации память может быть виртуализирована [224]. В этом случае посредством SAN-оборудования, известного как сервер домена памяти — «storage domain server», создается виртуальный «образ» (image) одного или нескольких устройств хранения данных. Таким образом, множество устройств хранения данных представляется в виде единого пула памяти. Виртуализация позволяет ИТ-персоналу быстро выделять необходимый объем памяти для приложений. SAN-устройство обрабатывает все запросы к памяти и может функционировать как inband<sup>3</sup> и как out-of-band<sup>4</sup>.

Название технологии Fibre Channel не вполне корректно, поскольку физической средой передачи данных в FC SAN может быть не только оптическое волокно, но и коаксиал, и витая пара, а архитектура представляет собой смесь канальной и сетевой топологий [225].

Fibre Channel представляет собой сверхвысокоскоростную (1 Гбит/с и выше) схему полдуплексной передачи данных с малой задержкой (10—30 мкс) на расстояния до 10 км. Максимальное расстояние передачи данных зависит от используемой физической среды. Дальность соединения при использовании медного кабеля, например, составляет около 30 м, а в случае использования оптических кабелей (из одномодового волокна<sup>5</sup>) она может достигать 10 км.

<sup>3</sup> Управляющее устройство находится на канале, используемом для передачи данных от накопителя к серверу, поэтому весь трафик проходит через него.

<sup>4</sup> Устройство работает как сервер метаданных, в котором хранится информация о размещении данных.

<sup>5</sup> Одномодовое волокно — оптоволокно с диаметром сердцевины 9 мкм, которое проводит только одну моду излучения [211].

Fibre Channel в равной мере может использоваться как технология ввода/вывода и как технология локальной сети. По сути, Fibre Channel составляет целый комплекс стандартов, многие из которых разрабатывались независимо друг от друга [225]. Они представлены в виде пятиуровневой модели (рис. П.А.4). Первый FC-0 и второй FC-1 уровни Fibre Channel соответствуют физическому уровню модели OSI (рис. П.А.5) [225], а третий FC-2 уровень — подуровню MAC канального уровня OSI. Уровни FC-1, FC-2 и FC-4 реализованы отдельно для каждого порта, что позволяет разным портам использовать различные конфигурации [226].

На рис. П.А.5 показаны семь уровней модели OSI, условно сгруппированные в соответствии со стеком TCP/IP, и некоторые из используемых ими протоколов. Уровни модели OSI: 1 — физический, 2 — канальный, 3 — сетевой, 4 — транспортный, 5 — сеансовый, 6 — представительский, 7 — прикладной.

Уровень FC-0 описывает физические характеристики и возможные типы интерфейсов и среды передачи, в том числе кабели, соединители, излучатели, передатчики и приемники. Он позволяет использовать несколько интерфейсов, что дает возмож-

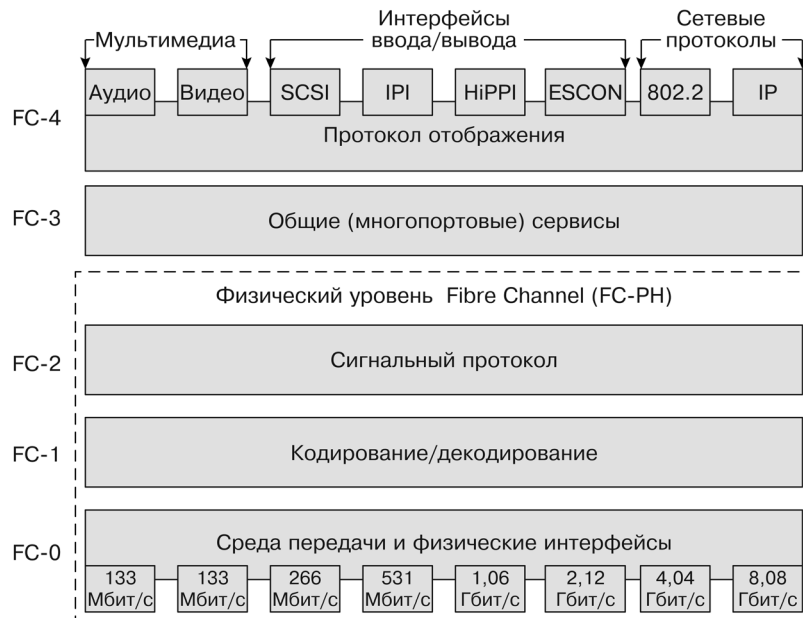


Рис. П.А.4. Стек протоколов Fibre Channel

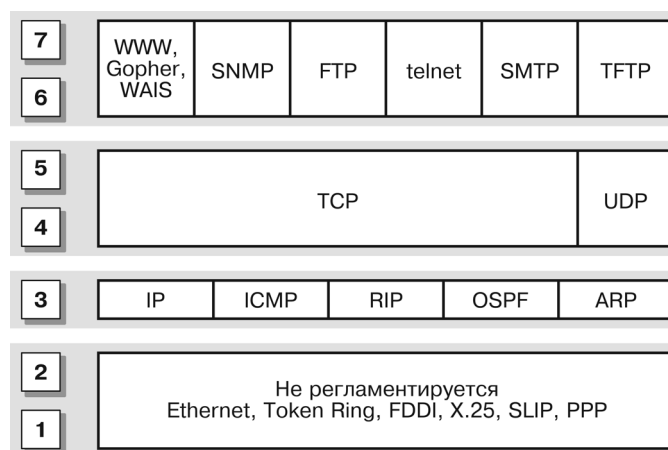


Рис. П.А.5. Сетевая модель OSI

ность выбирать разные скорости передачи данных и различные передающие среды. FC-1 определяет схему кодирования и декодирования данных, сигналов и специальных символов по схеме 8В/10В<sup>6</sup>, которая позволяет обеспечить эффективную синхронизацию данных, расширенное обнаружение ошибок, эффективное обнаружение управляющих символов и упрощает проектирование аппаратного обеспечения приемников/передатчиков [226, 227].

FC-2 выполняет основные функции Fibre Channel: установление соединения между отправителем и получателем; сегментацию, сборку и упорядочивание передаваемых кадров; контроль потоков с помощью схемы скользящего окна, обнаружение и исправление ошибок; реализацию сервисных классов. В Fibre Channel данные передаются с помощью кадров (frame) (рис. П.А.6). Кадр является эквивалентом пакета TCP/IP. Кадры создаются из упорядоченных множеств и символов данных. Несколько кадров группируются и составляют последовательность, а несколько последовательностей формируют обмен (exchange) [227, 228]. Уровни

<sup>6</sup> Блочный код, применяемый для передачи данных по технологии Gigabit Ethernet. В нем 8 исходных бит преобразуются в 10 выходных, в результате из полученных 1024 кодовых слов отбирается лишь 256. Признак отбора — наличие в слове не более четырех нулей или единиц подряд, а остальные кодовые комбинации считаются запрещенными. Кроме данных по линии передаются служебные символы, в которых допускаются последовательности из пяти нулей или единиц.

### П.А.1. Fibre Channel

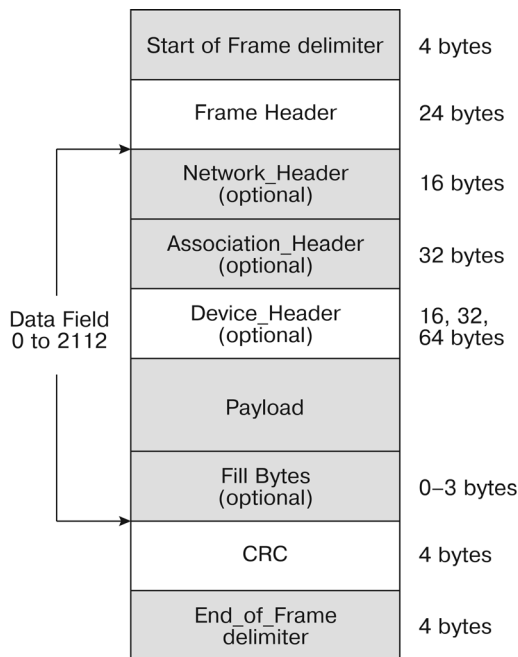


Рис. П.А.6. Структура кадра FC согласно спецификации комитета T11

FC-0, FC-1 и FC-2 образуют так называемый физический уровень Fibre Channel (Fibre Channel Physical, FC-PH). FC-3 является общим для всех портов узла<sup>7</sup>. Он описывает процедуры для выполнения функций, использующих несколько портов. FC-3 реализует: запись данных с чередованием на дисковый массив; многоадресную рассылку, в том числе и через видеосервер; транкинг (trunking) — объединение нескольких портов для увеличения пропускной способности узла; стрипинг (striping) — расщепление потока данных для передачи его через несколько соединений и др. FC-4 обеспечивает преобразование различных сетевых протоколов и приложений для их реализации поверх Fibre Channel. Fibre Channel способен поддерживать различные сетевые протоколы, интерфейсы ввода-вывода и приложения (см. рис. П.А.4) [225—227].

<sup>7</sup> В терминологии Fibre Channel устройства называются узлами (nodes), что напоминает узлы в терминологии сетей IP. Узел Fibre Channel может иметь несколько портов, как и узел IP, который зачастую получает несколько адресов IP. Разница между ними в том, что порт Fibre Channel представляет собой физический элемент, а порт IP — логический [224].

### П.А.2. FIBRE CHANNEL OVER ETHERNET (FCoE)

FCoE — стандарт, позволяющий передавать пакеты данных Fibre Channel через full duplex IEEE 802.3<sup>7</sup>-сети, используя 10 Гбит/с Ethernet без снижения производительности и изменений в стандарте FC.

FCoE предъявляет к коммутирующей инфраструктуре следующие требования: 1) поддержка кадров большого размера (Jumbo Frame), 2) наличие высокоскоростных соединений (10 Гбит/с и выше).

Для передачи трафика FC через сеть Ethernet кадр FC (рис. П.А.7) инкапсулируется на стороне отправителя в кадр Ethernet (рис. П.А.8) и передается получателю, который выполняет деинкапсуляцию оригинального кадра FC и его последующую обработку [229]. Передача данных и хранение осуществляется в рамках одной общей сети. Для этого требуются определенные сетевые карты FCoE и высокопроизводительные коммутаторы<sup>8</sup>, поддерживающие функции FCoE [230].

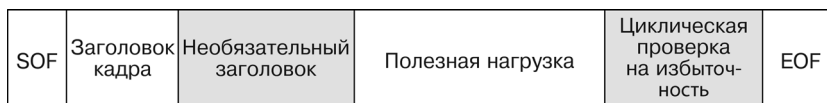


Рис. П.А.7. Кадр Fibre Channel



Рис. П.А.8. Инкапсуляция кадра FC в Ethernet

Ethernet имеет недостатки, связанные с пересылкой кадров большого размера, из-за которых эта технология напрямую не пригодна для передачи критичного к потерям трафика сетей хранения. Обусловлено это тем, что кабельный стандарт Ethernet [231] использует коллизийный метод доступа к общему каналу. В Ethernet-сетях компьютеры работают в дуплексном режиме,

<sup>7</sup> Ethernet описывается стандартами IEEE группы 802.3.

<sup>8</sup> Оборудование с применением Fibre Channel over Ethernet должно использовать специальные сетевые адаптеры Converged Network Adapter (CNA), которые объединяют в себе Fibre Channel Host Bus Adapter (HBA) и Ethernet Network Interface Card (NIC) с точки зрения сервера, но являются одним сетевым подключением Ethernet NIC.

применяя протокол CSMA/CD (carrier sense multiple access with collision detection — множественный доступ к среде с обнаружением конфликтов и контролем несущей), который обеспечивает поиск и разрешение коллизий во всех режимах работы [232, 233].

Усовершенствованный Ethernet, получивший название DCE, можно использовать в СХД. DCE включает в себя два компонента, необходимых для обеспечения передачи данных без потерь. Это набор расширений Ethernet и аппаратные средства, обеспечивающие передачу трафика без потерь — lossless Ethernet switch fabric [231]. DCE содержит четыре обязательных расширения Ethernet:

- PFC (priority-based flow control) — механизм управления потоком на основе приоритетов. PFC расширяет функционал стандартного механизма PAUSE, чем обусловлено прекращение передачи всего трафика по каналу Ethernet. Он разделяет его на восемь виртуальных полос (virtual lane) и позволяет управлять передачей трафика на основе приоритетов отдельно для каждой линии. Таким образом, можно создать линию без потерь (lossless lane) для чувствительного к потерям трафика (например, Fibre Channel) и использовать остальные линии в стандартном режиме сброса пакетов для обычного трафика IP;

- ETS (enhanced transmission selection) обеспечивает управление разделением пропускной способности консолидированного канала для разных типов линий, что решает задачу совместной передачи разных типов трафика без потери качества;

- DCBX (data center bridging exchange) отвечает за обнаружение и автоматическое согласование ряда параметров, включая управление полосой и потоком по классам, а также управление перегрузками и логическим состоянием полос. Кроме того, с помощью механизма DCBX взаимодействующие устройства определяют совместимость соседнего устройства с DCE, т.е. очерчивают логическую границу домена DCE в сети ЦОД;

- L2MP (Layer 2 Multi-Pathing) обеспечивает возможность одновременного использования нескольких параллельных путей, в результате чего пропускная способность используется более эффективно.

Другая составляющая архитектуры DCE — «коммутационная фабрика без потерь<sup>9</sup>» (lossless Ethernet switch fabric) — является не менее важной, чем набор расширений Ethernet. Для обеспе-

---

<sup>9</sup> Коммутационная фабрика — это совокупность аппаратного и программного обеспечений, которые выполняют функции пересылки поступивших на сетевой узел (ноду) данных на следующий узел сети.

чения реальной передачи по Ethernet без потерь (lossless Ethernet) необходимо реализовать два обязательных требования: механизм приостановки передачи трафика по каналу в соответствии с классом трафика, такой как PFC, и метод приостановки трафика от входящего к исходящему порту через внутреннюю коммутационную фабрику. Передача трафика без потерь внутри коммутационной фабрики достигается за счет объединения механизма PFC для приостановки трафика на входном порту коммутатора и механизма управления очередями на выходном порту для предотвращения передачи пакетов внутри фабрики в случае недоступности выходного порта VOQ (Virtual Output Queues). Таким образом, при соблюдении изложенных выше требований реализуется полноценный сквозной Ethernet без потерь [231].

Внедряя технологию FCoE, следует учитывать, что FCoE не использует протокол IP, поэтому к нему неприменим роутинг на уровне IP, следовательно, он не будет работать в сетях IP, где используется роутинг [231].

### П.А.3. FIBRE CHANNEL OVER IP (FCIP)

Протяженность сети SAN, построенной на технологии Fibre Channel, может составлять около 10 км, однако часто этого недостаточно для обеспечения взаимодействия удаленных друг от друга площадок, расстояние между которыми измеряется сотнями или тысячами километров. В этом случае используются технологии инкапсуляции и туннелирования, позволяющие передавать кадры Fibre Channel по существующей инфраструктуре IP. Такое решение называется FCIP (Fibre Channel over IP) [234].

Перед отправкой кадр FC инкапсулируется в пакет IP (рис. П.А.9), после чего передается через сеть TCP/IP, деинкапсулируется на стороне получателя и передается в сеть FC в том виде, в котором он был создан. Операции инкапсуляции и деинкапсуляции проводятся «пограничными устройствами» FCIP, располагающимися в точках перехода между сетью FC и IP, которые помимо этих операций выполняют отображение доменов на IP-адреса [229, 235].

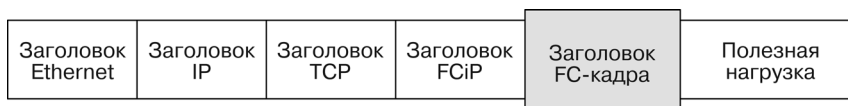


Рис. П.А.9. Инкапсуляция пакета FC в пакет IP



Длительные задержки и потери пакетов, возникающие в сетях IP (по меркам сетей хранения), приводят к снижению производительности, а для некоторых типов приложений (например, оперативная обработка транзакций OLTP), оказываются чрезмерными. Эффективность работы таких приложений зависит от времени реакции: оно не должно превышать определенных абсолютных значений. Потерю пакетов приложение должно «заметить» самостоятельно и инициировать новую передачу (часто крупных блоков данных, а не маленьких пакетов). Однако система исправления ошибок сервером приложений на уровне блоков малоэффективна, поэтому требуется повторная передача больших объемов данных. Для приложений хранения данных необходима производительность, при которой уровень потери пакетов составляет менее 1% общего передаваемого объема [229, 234].

Потеря пакетов в сетях IP не ограничивает возможности их использования для передачи данных хранения. В результате использования функций исправления ошибок и повторной передачи на уровне пакетов IP высокопроизводительные решения FCIP могут обойтись без вторичной отправки слишком большого объема данных и достичь максимально быстрой их пересылки.

Для эффективной передачи данных из хранилищ по сетям IP необходимо использовать такие функции:

- циклическую проверку избыточности (Cyclical Redundancy Check, CRC). Для обеспечения целостности данных решение FCIP может взять на себя решение части задач на сетевом уровне, что заметно разгрузит приложение на хосте;

- согласование сжатия и полезной нагрузки. Кадры Fibre Channel (2 кбайт) и пакеты IP (максимум 1,5 кбайт) вмещают разные объемы данных, вследствие чего комбинированная передача может оказаться неэффективной. Решение с промежуточным хранением данных позволяет устранить проблему несоответствия кадров Fibre Channel и пакетов IP.

- организацию потоков данных и инкрементальное управление с буферным кредитом. Они позволяют обеспечить максимально возможную пропускную способность.

Управление передачей данных через FCIP основано на системе сквозного буферного кредита. Коммутаторы Fibre Channel осуществляют передачу данных с учетом свободной буферной памяти в адаптерах главной шины HBA (host bus adapter). Перед передачей данных передающее устройство оговаривает с коммутатором количество выделяемых ему кредитов. Предоставление

одного кредита означает, что устройство-передатчик может осуществить отправку одного кадра данных и не будет передавать последующие до тех пор, пока не получит подтверждение о получении первого отправленного кадра. Объем буферной памяти определяет, сколько буферных кредитов может быть предоставлено и какой объем данных может находиться в процессе передачи до получения подтверждения. При передаче на дальние расстояния может возникнуть ситуация «кредитного голода». В этом случае независимо от свободной пропускной способности любой дополнительный трафик данных прекращается до освобождения кредитов. Производительные решения FCIP устраняют эту проблему с помощью собственной системы управления выделением буферных кредитов [234].

Инкрементальное управление сеансами необходимо, поскольку управление сеансами для FCIP не зависит от аппаратного обеспечения. Однако функционирование коммутаторов Fibre Channel основано на том, что пакеты отсылают и получают в одинаковой последовательности, в противном случае работа системы нарушится. FCIP действует в рамках одного сеанса («точка-точка»), поэтому данные следуют тем путем, который им предлагают маршрутизаторы второго или третьего уровня. Система же управления сеансами управляет восстановлением после ошибок на сетевом уровне, заново упорядочивает пакеты и запрашивает новую передачу.

Балансировка нагрузки IP улучшает масштабируемость пропускной способности в сетях IP и повышает их производительность. Так, ответственные за сети могут, например, виртуализировать физические интерфейсы и направлять трафик через несколько виртуальных каналов IP.

Предоставляемая FCIP возможность объединить сети хранения средствами повсеместно доступной глобальной сети по протоколу IP позволяет не только расширить функциональные возможности и повысить экономическое значение существующих сетей хранения, построенных по технологии Fibre Channel, но при этом сохранить вложенные в них инвестиции. Предпочтительнее использовать «интеллектуальные» продукты, поскольку они способны самостоятельно решать проблемы передачи сохраняемых данных в сетях IP [234, 235].

### П.А.4. INTERNET-SCSI (iSCSI)

Высокая стоимость внедрения и обслуживания сетей на базе FC препятствует их широкому распространению в малых и средних компаниях. Создание технологии SCSI over IP обусловлено необходимостью использования более дешевых сетей SAN.

SCSI over IP или Internet-SCSI (iSCSI) — это среда, объединяющая широко распространенный сетевой протокол TCP/IP со стандартом передачи данных SCSI. Для работы iSCSI достаточно стандартных карт GbE и коммутаторов локальной сети. При этом программный драйвер (Software Initiator) или соответствующая аппаратная карта упаковывают протокол SCSI в TCP/IP (рис. П.А.10). Поскольку iSCSI предусматривает передачу блоков данных, эта технология относится к решениям SAN. Кроме того, операционная система рассматривает диски iSCSI в качестве внутренних жестких дисков, поэтому iSCSI пригоден и для работы с базами данных [230].



Рис. П.А.10. Инкапсуляция пакета SCSI в пакет IP

Пропускная способность iSCSI меньше по сравнению с FC или FCoE, но ее оказывается достаточно для большинства приложений, а решающим преимуществом является экономия денежных средств. По этой же причине пользователям следует применять GbE, а не 10GbE. В таком случае скорость передачи полезных данных ограничена 80—90 Мбайт/с, но если SAN поддерживает несколько путей (Multipathing<sup>11</sup>) и циклическое обслуживание Round Robin (использование двух соединений GbE), то пропускная способность увеличивается до 150 Мбайт/с.

<sup>11</sup> Multipath — технология, позволяющая соединять процессор и устройства хранения данных с помощью нескольких контроллеров или шин. Например, один SCSI диск может быть подсоединен к двум SCSI контроллерам. В случае отказа одного из контроллеров, операционная система будет использовать другой для доступа к диску. Данная архитектура повышает отказоустойчивость системы и позволяет распределять нагрузку.

Многие карты GbE уже обладают такими функциями iSCSI, как «механизм разгрузки TCP» (TCP Offload Engine<sup>12</sup>) или удаленная загрузка iSCSI (iSCSI Remote Boot) в серверных картах Intel PRO/1000 PCIe. При использовании сетевых карт формата PCI Express сервер загружается с целевого устройства iSCSI (iSCSI Target), поэтому ему не нужны внутренние системные диски. Дальнейшая ретрансляция данных iSCSI на диски SAS, SATA, FC или на магнитные ленты осуществляется под управлением системы iSCSI RAID или сетевого компонента iSCSI (маршрутизатор или мост). Оба варианта приведены в различных версиях — от предложений начального уровня (Open-E DSS) до корпоративных решений в кластере высокой готовности (например, Sanrad V-Switch).

Система iSCSI RAID построена как FC RAID. Она предоставляет свои внутренние жесткие диски (или их части) через iSCSI в распоряжение других пользователей. Большинство производителей (EMC, Hitachi, IBM, HP, Infortrend) предлагают системы RAID как с портами FC, так и iSCSI. Обычно все устройства очень похожи, вплоть до интерфейса. Для подключения к сети iSCSI существующих устройств хранения следует использовать маршрутизатор iSCSI, который преобразует iSCSI в Fibre Channel или SCSI. В результате можно легко интегрировать имеющуюся библиотеку, оснащенную дисками SCSI, в сеть iSCSI.

Почти все системы NAS предлагают дополнительные сервисы iSCSI. Например, компания NetApp всегда оснащала свои системы технологией iSCSI. Другие поставщики, в частности Open-E и Reldata, предоставляют такие функции как «объединенные системы хранения» (Unified Storage).

### П.А.5. INFINIBAND

В начале XXI века стремительный рост производительности процессоров значительно опередил темпы роста пропускной способности шин ввода-вывода. Используемая в то время шина PCI, которая применялась в большинстве компьютеров для связи системной платы с остальными компонентами системы, имела недостатки, одним из которых была низкая пропускная способность.

---

<sup>12</sup> TCP Offload Engine — технология, встраиваемая в сетевые адаптеры для разгрузки центрального процессора и возложения функций по обработке сетевых пакетов стека протоколов TCP/IP на контроллер сетевого адаптера.

Это нивелировало большую часть преимуществ, которые представляли высокопроизводительные системы на базе новейших (в то время) процессоров.

Технология InfiniBand призвана решить эту проблему.

InfiniBand представляет собой коммутируемое двунаправленное последовательное соединение «точка-точка» с базовой скоростью 2,5 Гбит/с в каждом направлении. Для повышения производительности могут использоваться версии InfiniBand с 4-х и 12-кратными скоростями. При необходимости базовая скорость передачи данных может увеличиваться в два раза (Double Data Rate, DDR — 5 Гбит/с) и в четыре раза (Quad Data Rate, QDR — 10 Гбит/с). В качестве физического метода кодирования применяется схема 8B/10B, поэтому реальная эффективная скорость передачи становится на 20 % меньше. В современных коммутаторах InfiniBand наиболее востребованы 10 Гбит/с (4X-SDR), 20 Гбит/с (4X-DDR), 30 Гбит/с (12X-SDR), 60 Гбит/с (12X-DDR).

Фундаментальным аспектом технологии InfiniBand является вынесение высокопроизводительной среды передачи данных за пределы физического устройства, например сервера (концепция Bandwidth out of the Box). Иными словами, с введением InfiniBand появилась возможность обеспечить такую же производительность за пределами устройств, как и внутри них (предыдущий опыт построения каналов связи свидетельствовал о том, что чем дальше получатель данных находится от центрального процессора, тем меньше скорость передачи данных).

Таким образом, к преимуществам технологии InfiniBand можно отнести:

- высокоскоростные соединения между взаимодействующими устройствами;
- малые задержки при передаче трафика;
- поддержку протоколов прямого доступа к памяти (Remote Direct Memory Access, RDMA), в результате чего данные доставляются непосредственно в память процесса без обращения к системным вызовам ОС;
- разгрузку центральных процессоров устройств от вычислений, связанных с операциями ввода-вывода;
- гибкие аппаратные транспортные механизмы;
- высокий уровень надежности, доступности и удобства эксплуатации;

- встроенный механизм обеспечения качества обслуживания, использование технологии виртуальных каналов с приоритетами для каждого канала;
- возможность построения на базе InfiniBand унифицированной, гибкой, масштабируемой инфраструктуры для передачи трафика разных видов с сохранением целостности данных и управлением потоками;
- пониженное энергопотребление оборудования.

InfiniBand успешно применяется для организации высокопроизводительных межкластерных соединений и построения масштабных системных сетей (System Area Network). Кроме того, с помощью технологии InfiniBand можно создать унифицированную коммутационную инфраструктуру для передачи трафика между процессорами, трафика хранения, пользовательского сетевого и других видов трафика. Заметим, что в настоящее время серьезную конкуренцию ей составляет технология FCoE.

Не получившая широкого распространения технология InfiniBand является нишевым, узкоспециализированным решением. Она применяется в современных ЦОД при организации высокоскоростного межкластерного взаимодействия для решения ряда финансовых, научно-исследовательских, медицинских задач, а также анализа данных, рендеринга изображений и т. д. [225].

## Приложение Б

### УДАЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Тонкий клиент — это решение, позволяющее упростить ИТ-инфраструктуру заменой производительных персональных компьютеров на маломощные системы путем переноса пользовательских приложений на сервер. Под термином «тонкий клиент» подразумевается ряд клиентских устройств, терминалов, осуществляющих ввод и вывод информации [236]. Они могут быть размещены в отдельном корпусе или совмещены с мониторами. Тонкие клиенты не имеют встроенных накопителей, активного охлаждения и т. д. Они используют упрощенную ОС, размещенную на устройстве disk-on-module (флэш-память), одной из задач которой является организация сессии с терминальным сервером (сервером приложений), выполняющим задачи ряда пользователей.

Количество обслуживаемых пользователей или клиентских устройств зависит от условий лицензирования серверного ПО. К примеру, Windows Server 2012 Foundation допускает использование только однопроцессорного сервера и поддерживает не более 15 пользователей. При этом обеспечивается подключение до 50 пользователей через службу RRAS<sup>1</sup> (Routing and Remote Access Server — служба маршрутизации и удаленного доступа)<sup>1</sup> и 10 через IAS (Internet Authentication Service — служба интернет аутен-

---

<sup>1</sup> Служба RRAS в качестве сервера удаленного доступа обеспечивает подключение удаленных или мобильных сотрудников к локальным сетям и компьютерам организации посредством модема (или других устройств). RRAS обеспечивает два типа подключений удаленного доступа: виртуальные частные сети, и удаленный доступ к сети по аналоговому телефону или ISDN. Она представляет собой физическое соединение между клиентом и сервером удаленного доступа к сети. RRAS является программным маршрутизатором и может использоваться в небольших сегментированных сетях с относительно низкой интенсивностью трафика между подсетями.

тификации)<sup>2</sup>. В редакции Standard такого ограничения нет, и количество пользователей регламентируется закупленными лицензиями [237].

На аппаратном уровне максимально поддерживаемое количество одновременно работающих пользователей зависит от вычислительных мощностей сервера. В некоторых случаях вместо сервера используют производительный компьютер. При расчете его параметров следует учитывать системные требования запускаемых приложений. Например, вычислительной мощности, необходимой для работы одного экземпляра приложения IIS, достаточно для работы нескольких экземпляров Word или Excel.

При использовании терминального решения все пользователи работают в рамках одной ОС, их программы выполняются в общем пуле оперативной памяти и в общем случае на одних и тех же процессорах. Разделить пользовательские приложения помогают решения виртуализации, т. е. виртуальные рабочие станции (ВМ), размещаемые и запускаемые на сервере. Каждый пользователь работает со своей ОС с выделенными ей ресурсами. Примерами таких решений виртуализации служат продукты компаний VMware и Microsoft: VMware Horizon View и Hyper-V [238, 239].

Виртуализация рабочих станций избавляет от некоторых недостатков, присущих терминальным решениям. Так, при использовании последних сбой в результате воздействия вредоносных программ или других факторов, наступивший в общей для ряда пользователей рабочей среде, может привести к простоям в работе всех пользователей или к потере важных данных. Как правило, при правильной организации терминальных серверов вероятность возникновения такой ситуации нивелируется. В виртуализированной среде такие проблемы не возникают, так как неблагоприятные изменения одной виртуальной рабочей станции не влияют на другие ВМ, а поврежденную станцию можно восстановить в кратчайшие строки из резервной копии или создать новую и наложить на нее настройки и данные пользователя.

Для работы с решениями виртуализации существуют специальные простые в обслуживании, отличные от тонкого клиента

---

<sup>2</sup> IAS является компонентом операционных систем Windows Server. Служба IAS используется в качестве альтернативы серверу аутентификации; помогает организовать беспроводной доступ, удаленный доступ через коммутируемое подключение или виртуальную частную сеть (VPN), используя встроенные средства аутентификации.



устройства — нулевые клиенты (см., например, [11]). Они не имеют ОС, процессора, оперативной и флэш-памяти, накопителей и др., вследствие чего увеличивается их жизненный цикл, надежность устройства и понижается энергопотребление.

Нулевой клиент не привязан к конкретному пользователю и осуществляет только ввод и вывод информации. Связующим звеном между нулевым клиентом и сервером виртуализации выступает Connection broker — программный сервер управления подключениями, устанавливаемый на сервер виртуализации. Обязательными условиями для работы нулевого клиента является наличие в сети служб DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol — протокол динамической настройки узла) и Active Directory (служба управления сетевыми ресурсами, службами, учетными записями и компьютерами сети) [11, 240].

Процесс подготовки нулевого клиента к работе с пользователем происходит по следующему сценарию. При включении нулевой клиент обнаруживает DHCP-сервер и, получив от него IP-адрес и информацию о брокере соединений (Connection broker), устанавливает с ним связь. Используя свои учетные данные, пользователь авторизируется, после чего брокер проверяет валидность введенных данных по записям службы Active Directory и в случае прохождения проверки получает данные о среде пользователя. На основании этих данных нулевой клиент получает доступ к соответствующей ВМ, после чего пользователь может начинать работу. Все процессы протекают независимо от пользователя и не требуют его вмешательства, кроме ввода авторизационных данных на соответствующем этапе [240].

Нулевые клиенты, как и терминальные решения, можно использовать там, где задействовано большое количество персональных компьютеров (например, в банках, офисах, call-центрах). При этом в зависимости от используемой технологии и архитектуры сети применяются разные протоколы [241—244] (например, приведенные в [244] и на рис. П.Б.1 RDP, ICA, HDX, PCoIP и PDP).

Компания Fujitsu представила свой нулевой клиент Fujitsu Zero Client и Fujitsu Zero Client Manager — брокер соединений для него [11]. Этот нулевой клиент позволяет пользователям получать доступ к своему рабочему месту не только в локальной сети предприятия, но и с любой точки земного шара (рис. П.Б.2, П.Б.3) [11, 244]. Кроме того, с помощью нулевого клиента можно работать с виртуальными рабочими станциями, размещенными в облаке.



Рис. П.Б.1. Протоколы удаленного доступа к ИТ-инфраструктуре

Облако — самоуправляемый пул вычислительных ресурсов и систем хранения данных с доступом к нему по сети [245]. Облако позволяет рационально использовать все доступные мощности и распределять нагрузку между серверами пула, не допуская перегрузки одних и простоя других. Используя облако как платформу для гипервизора, можно достичь упрощения процесса масштабирования ВМ, автоматизировав выделение облачных ресурсов. Физическое размещение всех ВМ и данных пользователей на накопителях, сосредоточенных в одном месте, способствует повышению информационной безопасности, поскольку прямой доступ к системам хранения данных ограничен.

Реализовать преимущества облака позволяют такие гипервизоры, как VMware View, Microsoft Hyper-V и Citrix XenServer [238, 239, 246].

VMware View — комплекс средств, направленных на создание, доставку и управление виртуальными рабочими станциями, размещенными в облаке и предоставляемыми как услуга [238, 245, 247, 248]. Архитектура VMware View основывается на платформе

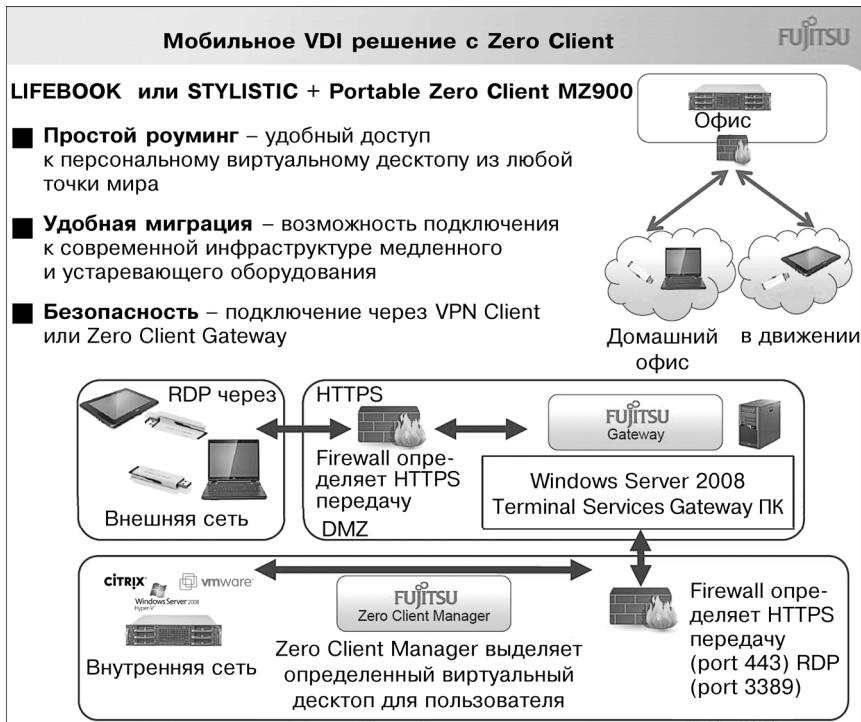


Рис. П.Б.2. Удаленная работа посредством нулевого клиента

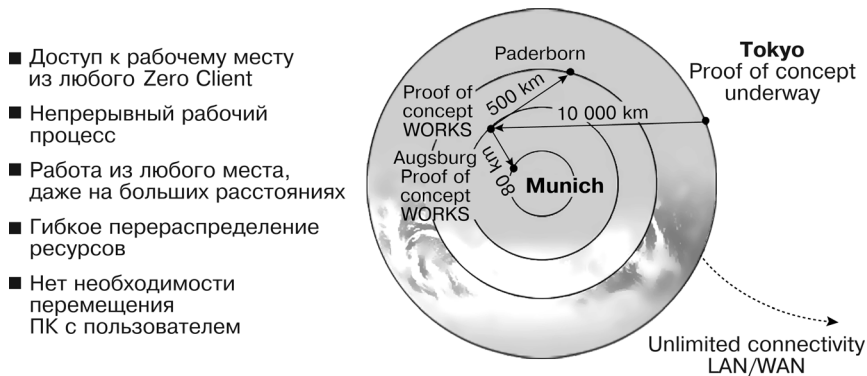


Рис. П.Б.3. Zero Client — роуминг

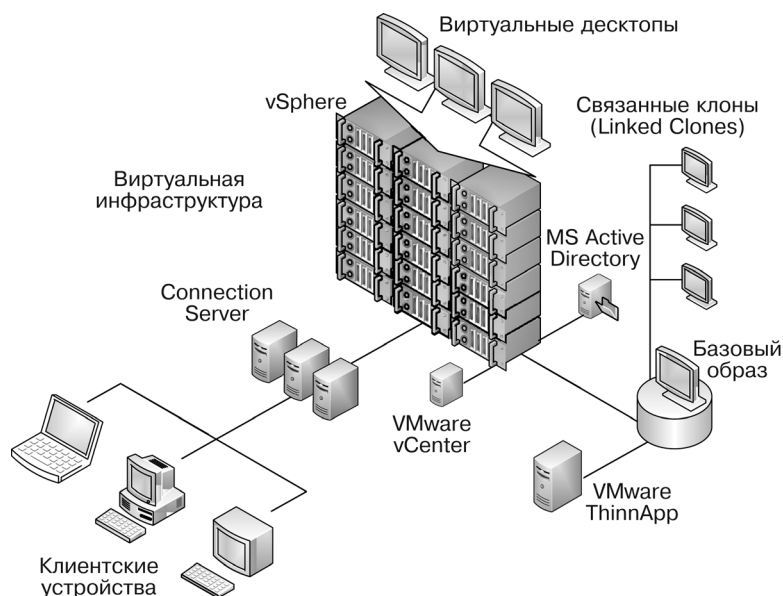


Рис. П.Б.4. Виртуальная инфраструктура VMware Horizon View

виртуализации VMware vSphere и состоит из компонентов VMware View Manager и опциональных компонентов View Composer и Thin App [249]. Для работы VMware View необходима работающая в сети служба Active Directory, управляющая профилями пользователей и vCenter<sup>3</sup> для управления средой vSphere (рис. П.Б.4) [249, 250]. Клиентскими устройствами для работы с ВМ могут служить персональные компьютеры, тонкие и нулевые клиенты, а также различные мобильные устройства. Передача рабочего стола клиентскому устройству осуществляется посредством протоколов PCoIP и RDP.

Основным компонентом инфраструктуры VMware View является View Connection Server (см. рис. П.Б.4) [249], который выступает в роли менеджера соединений и отвечает за аутентификацию пользователей и последующее их соединение с виртуальной рабочей машиной, а также управляет инфраструктурой виртуальных десктопов. Connection Server устанавливается либо на виртуальную, либо на физическую машину. Аналогичные функции выполняет и VMware View Replica Server, предназначенный

<sup>3</sup> vCenter — модуль управления средой VMware vSphere

для снижения нагрузки на Connection Server за счет распараллеливания трафика между клиентами и ВМ. В отличие от Connection Server Replica Server устанавливается только на ВМ, но может использоваться в нескольких экземплярах [247].

Пользовательские ВМ размещаются на серверах виртуализации, что позволяет уменьшить риски несанкционированного доступа к конфиденциальной информации или ее повреждения вследствие вредоносного ПО [251]. С возрастанием количества ВМ увеличивается занимаемый ими объем на жестких дисках серверов. Оптимизировать использование дискового пространства помогает компонент VMware View Composer (см. рис. П.Б.4), устанавливаемый на сервер vCenter. Он использует технологию Linked Clones, в основе которой лежит принцип создания пользовательских ВМ из единого заранее созданного и настроенного «базового образа», состоящего из ОС и необходимого набора ПО. С этого образа делается снимок (snapshot), на основе которого создается реплика образа, служащая базой для последующего создания linked-клонов. ВМ создают путем наложения на реплику так называемой дельты изменения диска и пользовательских данных (рис. П.Б.5) [58]. Если необходимо внести изменение в рабочие станции, например установить ПО или обновить уже установленное, то не нужно проводить эту операцию над каждой ВМ, достаточно внести изменения в реплику, чтобы они отобразились на всех связанных клонах. Если при создании ВМ выделенных вычислительных ресурсов становится недостаточно, то виртуальная машина будет масштабирована ресурсами из общего пула.

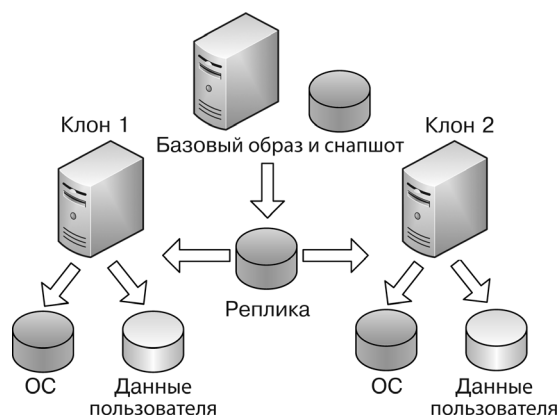


Рис. П.Б.5. Реплицирование виртуальных машин

ВМ могут быть двух типов: 1) выделенная (dedicated), 2) плавающая (floating) [58, 247]. При первом типе рабочая станция закреплена за пользователем без права передачи кому-либо, что предпочтительно, если пользователь работает со своими данными. При втором — пользователь может использовать любую свободную ВМ. Такой вариант применяется, если пользователи работают с приложениями, а данные или не используют, или хранят на централизованном сервере.

Если необходимо работать в отрыве от виртуальной инфраструктуры (например, сотрудник должен ехать в командировку, а прерывать работу нельзя), то ВМ можно использовать в режиме local mode. Он обеспечивается модулем View Transfer Server, который дает возможность выгрузить ВМ пользователя на клиентское устройство и продолжить работу уже на нем. После восстановления подключения к VMware View все изменения могут быть синхронизированы с ВМ пользователя, размещенной на сервере.

Виртуализировать можно не только операционную систему, но и приложения. VMware View Thin App (см. рис. П.Б.4) — компонент, обеспечивающий создание и распространение виртуализованных приложений на виртуальные ПК пользователей как «тонких» приложений. Тонкие приложения создаются в результате «упаковывания» приложения и необходимых для его работы ресурсов, таких как библиотеки DLL и ключи реестра, в один исполняемый (MSI или EXE) файл, что позволяет отделить его от ОС [247, 252]. Таким образом, тонкое приложение можно развернуть на любой версии Windows без использования прав администратора и внесения изменений в реестр системы. Такое приложение можно быстро развернуть на целевой ВМ, не затрагивая изменениями остальные.

Таким образом, терминальные решения, в частности виртуализация рабочих станций, позволяют упростить парк техники, заменив персональные компьютеры более дешевыми и простыми в обслуживании тонкими или нулевыми клиентами.

Автоматизация управления виртуальными рабочими станциями дает возможность создавать ВМ и по мере необходимости масштабировать их без участия ИТ-персонала. Согласно [245] такая система соответствует модели облачных вычислений.

Управление структурой ВМ централизовано, поэтому для выполнения необходимых операций по их настройке и обслуживанию требуется меньшее количество ИТ-специалистов, чем при обычной организации рабочих станций.

Все данные пользователей размещаются в контролируемых сетевых хранилищах, что упрощает процесс обеспечения информационной безопасности.

Распространение обновлений ОС и ПО на целевые ВМ требует участия специалистов только на подготовительной стадии обновления — подготовки обновлений к инсталляции. Тонкие приложения могут быть развернуты на любом количестве ВМ при минимальных временных затратах. Они позволяют быстро обеспечить пользователей необходимым ПО независимо от их количества.

## СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ

API	— Application Programming Interface (прикладной программный интерфейс)
ASP	— Application Service Provider (провайдер ИТ-услуг)
BI	— Business Intelligence (бизнес-аналитика)
BlaaS	— Business Intelligence as a Service (бизнес-аналитика как сервис)
BMSaaS	— Business Management System as a Service (системы управления бизнесом, такие как CRM, ERP)
BPI	— Business process integration (интеграция бизнес-процессов)
Broad network access	— свободный сетевой доступ
BYOD; CYOD; COPE	— Bring Your Own Device; Choose Your Own Device; Corporate-Owned, Personally Enabled (концепция использования собственного оборудования и ПО в рамках корпоративной ИТ-инфраструктуры; предоставление мобильных устройств с оформлением договоров на услуги связи; то же самое, только на условиях самостоятельной настройки и обслуживания соответственно)
CAGR	— Compound Annual Growth Rate (среднегодовой темп роста в сложных процентах. $CAGR = ((\text{конечное значение}/\text{начальное значение})^{1/M}) - 1$ , где $M$ — количество лет за период)
ChANT	— Chernogolovka Academic Network (опорная сеть Научного центра РАН в Черноголовке)
CI	— Converged Infrastructure (конвергентные инфраструктуры)
CMS	— Content Management System (система управления контентом)
CNA	— Converged Network Adapter (устройство ввода-вывода, объединяющее в себе функциональность адаптера шины (HBA) с контроллером целевого интерфейса (NIC))



Community cloud	— общественное облако
CRC	— Cyclical Redundancy Check (циклическая проверка избыточности)
CRM	— Customer Relationship Management (система управления взаимоотношениями с клиентами)
CRM on Demand	— Customer Relationship Management on Demand (система управления взаимоотношениями с клиентами по запросу)
CSMA/CD	— Carrier Sence Multiple Access with Collision Detection (множественный доступ с контролем несущей и выявлением коллизий)
DaaS	— Data as a Service (доставка данных по требованию или данные как услуга)
DAS	— Direct-Attached Storage (устройство хранения данных с прямым подключением)
Data partitioning	— разбиение данных на разделы
Data-Intensive Computing	— технология, которая обеспечивает аналитическим системам доступ к большим объемам данных и решает проблему извлечения необходимой информации
DCBX	— Data Center Bridging Exchange (составная часть механизма управления DCE)
DCE	— Data Center Ethernet (усовершенствованный ethernet, предназначенный для использования в сетях хранения данных)
Deployment Models	— модели развертывания
DHCP	— Dynamic Host Configuration Protocol (протокол динамической конфигурации узла)
DISaaS	— Data Integration System as a Service (услуга интеграции данных)
DLP	— Data Loss Prevention (технологии и системы защиты конфиденциальной информации для обеспечения информационной безопасности)
DM	— Data Marts (хранилища, которые содержат агрегированные необходимые для аналитики оперативные данные)
DOS	— Data Object Storage (объектное хранилище)
DSS	— Decision Support System (система поддержки принятия решений)
EAI	— Enterprise Application Integration (интегрированная информационная среда предприятия)
EDA	— Exploratory Data Analysis (пробный анализ данных)
EIS	— Executive Information Systems (информационная система руководителя)

EMEA	— Europe, the Middle East and Africa (обозначение региона, включающего в себя Европу, Ближний Восток и Африку)
EOF	— End of Frame (конец кадра)
ERP	— Enterprise Resource Planning (система управления внутренними и внешними ресурсами предприятия)
ESCON	— Enterprise Systems Connection (волоконный каналный интерфейс)
Essential Characteristics	— основные характеристики модели облачных вычислений
ETL	— Extraction, Transformation and Loading (технология извлечения, преобразования и загрузки данных)
ETS	— Enhanced Transmission Selection (управление разделением пропускной способности консолидированного канала для разных типов линий)
FC	— Fibre Channel (технология для высокоскоростной передачи данных)
FCIP	— Fibre Channel over IP (технология передачи кадров Fibre Channel, инкапсулированных в IP)
FCoE	— Fibre Channel over Ethernet (стандарт, позволяющий «накладывать» структуру Fibre Channel на Ethernet-сети и создавать смешанные сети в ЦОД, т. е. FCoE — транспортный протокол, обеспечивающий перенос фреймов Fibre Channel через Ethernet инкапсуляцией кадров Fibre Channel в Jumbo-кадры Ethernet)
FW	— Firewall (межсетевой экран)
GbE	— Gigabit ethernet (гигабитный ethernet)
GNU GPL	— GNU General Public License; (открытое лицензионное соглашение GNU или лицензия на свободно распространяемое программное обеспечение)
Grid	— географически распределенная физическая среда на физических машинах, обеспечивающая работу коллективов при решении задач конкретного класса
HBA	— Host bus adapter (адаптер шины)
HD	— High Definition (высокое разрешение)
HIPPI	— High Performance Parallel Interface (высокопроизводительный параллельный интерфейс)
HPCaaS	— High Performance as a Service (высокопродуктивные вычисления как услуга)
HTTP	— Hyper Text Transfer Protocol (протокол передачи гипертекста)
Hybrid cloud	— гибридное облако
IaaS	— Infrastructure as a Service (инфраструктура как услуга)

IAS	— Internet Authentication Service (компонент операционных систем Windows Server, используемый в качестве альтернативы серверу аутентификации)
IdaaS	— Identification as a Service (управление идентификацией как услуга)
IETF	— Internet Engineering Task Force (Инженерный совет Интернета — открытое международное сообщество)
IOPS	— Input/output Operations Per Second (число операций ввода/вывода в секунду)
IPI	— Intelligent Peripheral Interface (интерфейс периферийных устройств)
iSCSI	— Internet Small Computer System Interface (среда, объединяющая широко распространенный сетевой протокол TCP/IP со стандартом передачи данных SCSI)
ISDN	— Integrated Services Digital Network (цифровая сеть с интегрированными услугами)
ISV	— Independent Software Vendor (независимый поставщик программного обеспечения)
ITU	— International Telecommunication Union (международный союз электросвязи)
Jumbo Frame	— кадры большого размера
L2MP	— Layer 2 Multi-Pathing (технология Cisco для коммутации в дата-центрах)
LDAP	— Lightweight Directory Access Protocol (облегченный протокол доступа к директориям)
MCU	— Multipoint Control Unit (сервер многоточечной связи)
MDS	— Master data services (модуль платформы Microsoft SQL Server 2008)
Measured service	— измеряемое обслуживание
MOLAP	— Multidimensional Online Analytical Processing (многомерный OLAP)
Multi-tenant model	— Модель множественной аренды, при которой один экземпляр ПО, исполняемый на платформе сервис-провайдера, используется для параллельного обслуживания ряда заказчиков
NAS	— Network attached storage (сетевая система хранения данных)
NGFW	— New generation firewall (межсетевые экраны нового поколения)
NIC	— Network interface card (сетевая карта)
NIST	— The National Institute of Standards and Technology (Национальный институт стандартов и технологий США)
NOC	— Network Operational Center (центр управления сетью)

ODS	— Operational data store (оперативное хранилище данных)
OGSA	— Open Grid Services Architecture (сервис-ориентированная архитектура для распределенных вычислений)
OLAP	— Online Analytical Processing (аналитическая обработка в реальном времени)
OLTP	— Online Transaction Processing (оперативная обработка транзакций)
On-demand self-service	— самообслуживание по запросу
OSI	— Open Systems Interconnection Basic Reference Mode (базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем)
PaaS	— Platform as a Service (платформа как услуга)
PATA	— Parallel Advanced Technology Attachment (параллельный интерфейс)
PFC	— Priority-based Flow Control (механизм управления потоками данных на основе приоритетов)
PLS	— Persistent local storage (локальное блочное хранилище)
Private cloud	— частное облако
Public cloud	— публичное облако
QoS	— Quality of Service (качество обслуживания)
Rapid elasticity	— оперативная эластичность
RDMA	— Remote Direct Memory Access (удаленный прямой доступ к памяти)
Resource pooling	— пул ресурсов
ROLAP	— OLAP для реляционных БД
RRAS	— Routing and Remote Access Service (служба маршрутизации и удаленного доступа)
RSVP	— Resource ReSer Vation Protocol (протокол резервирования сетевых ресурсов)
RTCP	— Real-Time Control Protocol (протокол управления передачей данных в режиме реального времени)
RTMP	— Real Time Messaging Protocol (протокол передачи сообщений в режиме реального времени)
RTP	— Real-Time Transport Protocol (транспортный протокол реального времени)
SaaS	— Software as a Service (программное обеспечение как услуга)
SAM	— Storage Area Management (управление средой хранения данных)
SAN	— Storage Area Network (сеть хранения данных)
SATA	— Serial Advanced Technology Attachment (последовательный интерфейс обмена данными)
SCSI	— Small Computer System Interface (интерфейс для объединения на одной шине различных по назначению устройств)

SD	— Standard definition (стандартное разрешение)
SIP	— Session Initiation Protocol (протокол установления сессии)
SLA	— Service Level Agreement (соглашение об уровне услуг)
SMP	— Symmetric Multiprocessing (многопроцессорная система)
SNA	— Social network analysis (анализ социальных сетей)
SOA	— Service-oriented Architecture (сервис-ориентированная архитектура)
SOAP	— Simple Object Access Protocol (протокол доступа к объектам, использующий XML как способ представления информации для обмена сообщениями между ИС, корпоративными приложениями и др.)
SoD	— Software on Demand (программное обеспечение по запросу)
SOF	— Start of frame (начало фрейма)
SRTP	— Secure Real-time Transport Protocol (безопасный транспортный протокол реального времени)
SSL	— Secure Socket Layer (протокол, обеспечивающий на уровне криптографической защиты конфиденциальность обмена между двумя прикладными процессами клиента и сервера на транспортном уровне)
TCP	— Transmission control protocol (протокол контроля передачи данных)
UC	— Unified communications (унифицированные коммуникации)
UDDI	— Universal Description, Discovery and Integration; (универсальное описание, информация и интеграция — глобальный каталог — регистр описаний услуг, предоставляемых web-службой)
UDP	— User Datagram Protocol (протокол дейтаграмм пользователя)
VCS	— Virtual consolidated store (виртуальное консолидированное хранилище)
VoIP	— Vois over IP (технология передачи медиа-данных в реальном времени с помощью семейства протоколов TCP/IP)
VOQ	— Virtual Output Queueing (виртуальные исходящие очереди)
VPN	— Virtual Private Network (виртуальная частная сеть)
WSDL	— Web Services Description Language (язык формата XML описывает интерфейс web-услуг в виде абстрактного определения в терминах сообщений, об-

## Список условных сокращений и терминов

---

	мен которыми происходит при обращении к службе, т. е. раскрывает формализованное взаимодействие клиент—служба)
WS-Inspection	— Web Services Inspection Language (стандарт, дополняющий UDDI)
XML	— eXtensible Markup Language (расширяемый язык разметки)
ВКС	— видеоконференцсвязь
ВЦ	— вычислительный центр
ВЦКП	— вычислительный центр коллективного пользования
ИКТ	— информационно-коммуникационные технологии
ИС	— информационная система
ИТ	— информационные технологии
Кастомизация	— адаптация имеющегося продукта под конкретные потребности
Консьюмеризация	— процесс, при котором сотрудники компании привносят в бизнес личные мобильные решения
МВМ	— монитор виртуальной машины
МК	— менеджер кластера
МО	— менеджер облака
ПВР	— пул вычислительных ресурсов
ПО	— программное обеспечение
ПП	— программный продукт
СУР	— система управления ресурсами
СХД	— система хранения данных
ТКС	— транспортно-коммуникационная система
Хостинг	— услуга размещения ПП на сервере провайдера, обеспечение его работоспособности в заданной функциональности, предоставление круглосуточного доступа к ПП по надежным высокоскоростным каналам
ЦКМ	— центр компьютерного моделирования
ЦОД	— центр обработки данных

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вычислительные облака* // Открытые системы. — 2008. — № 7. — С. 1—78.
2. *Безопасные облака* // Открытые системы. — 2010. — № 1. — С. 1—78.
3. *Черняк Л.* Современная виртуализация хранения / Л. Черняк // Открытые системы. — 2009. — № 8. — С. 58—62.
4. *Миллард Э.* Хранение данных: тенденция 2008 г. и на будущее / Э. Миллард // PC WEEK/UE. — 2008. — № 12. — С. 21.
5. *Преймсбергер К.* Общий взгляд IBM на хранение данных / К. Преймсбергер // PC WEEK/UE. — 2008. — № 12. — С. 20, 21.
6. *Гаврильчик В.* Сетевое хранение потоковых данных / В. Гаврильчик // PC WEEK/UE. — 2008. — № 12. — С. 28.
7. *Варганич Е.* Оптимальное хранение / Е. Варганич // Сети и телекоммуникации. — 2010. — № 6. — С. 36—41.
8. *Черняк Л.* Сохранность данных сегодня и завтра / Л. Черняк // Открытые системы. — 2013. — № 3. — С. 16—21.
9. *Яхина И.* На пути к большим облакам / И. Яхина // Открытые системы. — 2013. — № 13. — С. 14, 15.
10. *Черняк Л.* Nadoop против Big Data / Л. Черняк // Открытые системы. — 2010. — № 7. — С. 46, 47.
11. *Инновационные решения Fujitsu и NetApp по построению инфраструктуры хранения и обработки данных* // Семинар компании «Техносерв Украина». — Киев, 2010.
12. *Гречушкин В.* Меньше копий, больше данных / В. Гречушкин // Открытые системы. — 2013. — № 3. — С. 32, 33.
13. *Голубев Д.* Сети хранения / Д. Голубев // Открытые системы. — 2003. — № 3. — С. 24—30.
14. *Саякин В.* Управление сетями хранения данных / В. Саякин // Открытые системы. — 2003. — № 3. — С. 33, 34.
15. *Краюшкин В.* Виртуальная консолидация данных / В. Краюшкин // Открытые системы. — 2003. — № 3. — С. 8—12.
16. *Журкин А.* CASA: Виртуализация на уровне сетей хранения / А. Журкин // ВУТЕ. — 2003. — № 6. — С. 45—50.
17. *Кручинин Д.* Корпоративная цифровая память / Д. Кручинин // PC WEEK/UE. — 2008. — № 23. — С. 14.
18. *Борнеманн А.* Идеальной концепции SAN не существует / А. Борнеманн // Журнал сетевых решений. — 2009. — № 7. — С. 18—20.
19. *Лебедев С.* Унификация транспорта ЦОД / С. Лебедев // Журнал сетевых решений. — 2009. — № 7. — С. 21—25.

20. Гриценко В.И. Распределенные информационные системы. Состояние. Перспективы развития / В.И. Гриценко, А.А. Урсатьев // УСиМ. — 2003. — № 4. — С. 11—21.
21. Примеры использования технологии Хранилищ данных в энергетической отрасли. — 2008. — Режим доступа: <http://www.iso.ru/print/rus/document5905.phtml>. — Название с экрана.
22. Гир Д. Федеративный доступ к базам данных / Д. Гир // Открытые системы. — 2003. — № 6. — С. 69—71.
23. Волков Д. Тихий передел / Д. Волков // Открытые системы. — 2010. — № 04. — С. 1.
24. Артемьев В. Что такое Business Intelligence? / В. Артемьев // Открытые системы. — 2003. — № 04. — С. 20—26.
25. Черняк Л. Что Business Intelligence предлагает бизнесу / Л. Черняк // Открытые системы. — 2003. — № 04. — С. 33—38.
26. Черняк Л. Бизнес-аналитика как сервис / Л. Черняк // Открытые системы. — 2010. — № 04. — С. 16—23.
27. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации / В.В. Корнеев, А.Ф. Гареев, С.В. Васютин, В.В. Райх. — М.: Нолидж, 2000. — 352 с.
28. Гриценко В.И. Распределенные информационные системы широкого применения. Концепция. Опыт разработки и внедрения / В.И. Гриценко, А.А. Урсатьев. — К.: Наукова думка, 2005. — 317 с.
29. Фейгин Д. Концепция SOA / Д. Фейгин // Открытые системы. — 2004. — № 06. — С. 14—18.
30. Архипенков С. Хранилища данных. От концепции до внедрения / С. Архипенков, Д. Голубев, О. Максименко. — М.: Диалог-Мифи, 2002. — 528 с.
31. Бробст С. Интеграция или изоляция? / С. Бробст // Открытые системы. — 2010. — № 4. — С. 24, 25.
32. Волков Д. Опционы будущего / Д. Волков // Открытые системы. — 2003. — № 4. — С. 1.
33. Инмон Б. DW 2.0: хранилища данных следующего поколения / Б. Инмон // Открытые системы. — 2007. — № 5. — С. 20—26.
34. Дубова Н. Динамическое хранилище данных / Н. Дубова // Открытые системы. — 2007. — № 5. — С. 28—32.
35. Вышла новая версия SQL Server 2008 // Открытые системы. — 2010. — № 04. — С. 6.
36. Елисеев И. Отчетность своими руками / И. Елисеев // Сети. — 2010. — № 5. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/news/articles/2010/19/13002034/>. — Название с экрана.
37. Глушков В.М. Введение в АСУ / В.М. Глушков. — К.: Техніка, 1974. — 317 с.
38. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики / В.М. Глушков. — М.: Наука, 1982. — 552 с.
39. Web-службы // Открытые системы. — 2002. — № 11. — С. 1—78.
40. Волков Д. Конкретная форма SOA / Д. Волков // Открытые системы. — 2004. — № 06. — С. 26—31.
41. Голд Н. Как разобраться в SOA / Н. Голд, Э. Мохан, К. Найт, М. Манро // Открытые системы. — 2004. — № 06. — С. 32—37.



42. Дубова Н. SOA: подходы к реализации / Н. Дубова // Открытые системы. — 2004. — № 06. — С. 19–25.
43. *Web Services Glossary*. — 2003. — Режим доступа: <http://www.w3.org/TR/2003/WD-ws-gloss-20030808>. — Название с экрана.
44. *Web Services Architecture, W3C Working Draft 8*. — 2003. — Режим доступа: [www.w3.org/TR/2003/WD-ws-arch-20030808](http://www.w3.org/TR/2003/WD-ws-arch-20030808). — Название с экрана.
45. Черняк Л. SaaS — конец начала / Л. Черняк // Открытые системы. — 2007. — № 10. — С. 42–46.
46. Сысойкина М. Облачные сервисы в России: слово или дело? / М. Сысойкина // Мир ПК. — 2011. — № 1. — С. 71–73.
47. Черняк Л. ОС для облачных сетей / Л. Черняк // Открытые системы. — 2010. — № 7. — С. 20, 21.
48. *Grid* // Открытые системы. — 2003. — № 1. — С. 1–78.
49. *Решения IBM на базе GRID-технологий*. — Режим доступа: <http://www.ibm.com/grid>. — Название с экрана.
50. *WS-Inspection*. — 2002. — Режим доступа: <http://www.ibm.com/news/ru/2002/07/040701.html>. — Название с экрана.
51. Nagv W. A., The WS-Inspection and UDDI Relationship / W. A. Nagv, K. Ballinger. — Режим доступа: <http://www106.ibm.com/developerworks/webservices/library/ws-wsi-luddi.html> (2001).
52. *WS-Inspection* — новое XML-решение для электронной коммерции от IBM и Microsoft. — Режим доступа: <http://www.uvtb.ru/scripts/servinfo.dll?GetObj&OID=963527&OT=3&POID=-1&encoding=windows-1251> (2001). — Название с экрана.
53. Андерсен К. Облако из Скандинавии / К. Андерсен, П. Линдберг, С. Потапкин // Открытые системы. — 2008. — № 7. — С. 36, 37.
54. *Обзор виртуализации Microsoft*. — Режим доступа: <http://www.microsoft.com/windowsserver2008/ru/ru/virtualization/about.aspx?pf=true>. — Название с экрана.
55. *Инфраструктура облачных вычислений Майкрософт*. — Режим доступа: <http://www.microsoft.com/virtualization/ru/ru/cloud-computing.aspx> (2010). — Название с экрана.
56. Коммалапати Х. Платформа Windows Azure для предприятий / Х. Коммалапати // MSDN Magazine. — Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/ee309870.aspx> (2010). — Название с экрана.
57. Oracle строит гигантский ЦОД // Открытые системы. — 2010. — № 04. — С. 6.
58. Mell P. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology. NIST Special Publication 800-145 / P. Mell, T. Grance. — Режим доступа: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (September 2011). — Название с экрана.
59. *Cloud Computing Synopsis and Recommendations. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. NIST Special Publication 800-146* / L. Badger, T. Grance, R. Patt-Corner, J. Voas. — Режим доступа: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-146/sp800-146.pdf> (May, 2012). — Название с экрана.
60. NIST дал окончательное определение облачным вычислениям. — 2011. — № 10. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/news/2011/1027/13009841/>. — Название с экрана.

61. *Chong F.* Microsoft Corporation. Architecture Strategies for Catching the Long Tail / F. Chong, G. Carraro. — Режим доступа: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa479069.aspx> (April 2006). — Название с экрана.
62. *Meier J.D.* Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS), and Infrastructure as a Service (IaaS) / J.D. Meier. — Режим доступа: <http://blogs.msdn.com/b/jmeier/archive/2010/02/11/software-as-a-service-saas-platform-as-a-service-paas-and-infrastructure-as-a-service-iaas.aspx> (11.02.2010). — Название с экрана.
63. *ВМС США:* Дни проприетарных технологий сочтены. — Режим доступа: <http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2008/03/19/292796> (2008). — Название с экрана.
64. *Opera Software:* Проприетарные технологии в будущем уйдут с рынка. — Режим доступа: [http://ko.com.ua/opera\\_software\\_proprietarnye\\_tehnologii\\_v\\_budushem\\_ujdut\\_s\\_rynka\\_53286](http://ko.com.ua/opera_software_proprietarnye_tehnologii_v_budushem_ujdut_s_rynka_53286) (2010). — Название с экрана.
65. *SWC:* Значение облачных систем и дистанционной работы преувеличено. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/news/2011/0909/13008953/>. — Название с экрана.
66. *Cisco:* ИТ-специалистам предстоит серьезная работа по подготовке сетей к переходу на облачные технологии. — Режим доступа: <http://www.cisco.com/web/RU/news/releases/txt/2012/051612b.html> (2012). — Название с экрана.
67. *Самойленко А.* Виртуализация на платформах VMware Server и VMware ESX Server / А. Самойленко. — Режим доступа: <http://www.ixbt.com/cm/vmware-server-esx-server.shtml> (04. 2007). — Название с экрана.
68. *Частные облака // Открытые системы.* — 2012. — № 4. — С. 1—64.
69. *Майкрософт.* Облачные решения. Частное облако. — Режим доступа: [http://www.microsoft.com/ru-ru/cloud/cloudpowersolutions/private\\_cloud.aspx](http://www.microsoft.com/ru-ru/cloud/cloudpowersolutions/private_cloud.aspx) (2011). — Название с экрана.
70. *Microsoft private cloud.* — Режим доступа: [http://download.microsoft.com/documents/rus/newscenter/1112\\_042\\_preview.pdf](http://download.microsoft.com/documents/rus/newscenter/1112_042_preview.pdf). — Название с экрана.
71. *VMware.* Частные облачные вычисления. — Режим доступа: <http://www.vmware.com/ru/cloud-computing/private-cloud/how-to-build-private-cloud.html> (2012). — Название с экрана.
72. *Oracle Cloud Services.* — Режим доступа: <http://www.oracle.com/ru/products/ondemand/index.html>. — Название с экрана.
73. *Бялкин Р.* Oracle. Прогноз погоды от Oracle — Облачно. / Р. Бялкин. — Режим доступа: <http://www.gosbook.ru/system/files/documents/2012/04/02/12-byalkin.pdf>. — Название с экрана.
74. *Адаптивные* инфраструктурные решения Hewlett-Packard // Adaptive World. — 2007. — № 1. — С. 1—56.
75. *HP* укрепляет лидерство в области конвергентного хранения данных, предлагая новую технологию федерирования. — Режим доступа: <http://elko.by/News/Details/42>. — Название с экрана.
76. *HP P10000 3PAR Storage System // TAdviser.* — Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:HP\\_P10000\\_3PAR\\_Storage\\_System](http://www.tadviser.ru/index.php/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%82:HP_P10000_3PAR_Storage_System) (21. 10. 2011). — Название с экрана.

77. Услуги IBM Infrastructure as a Service (IaaS). — Режим доступа: <http://www-935.ibm.com/services/ru/ru/cloud-enterprise/index.html>. — Название с экрана.
78. Технология Hyper-V. — Режим доступа: <http://www.microsoft.com/windowsserver2008/ru/virtualization/hyperv.aspx>. — Название с экрана.
79. VMware vSphere — для малого и среднего бизнеса. — Режим доступа: <http://www.vmware.com/ru/products/datacenter-virtualization/vsphere/small-business/features.html>. — Название с экрана.
80. Пономарев А. Балансировка в облаках / А. Пономарев, В. Носков, К. Криницын // Открытые системы. — 2011. — № 9. — С. 38–42.
81. Голден Б. Что нужно знать о PaaS. / Б. Голден // Директор информационной службы (CIO.RU). — 2011. — № 7. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/cio/2011/11/13011727/>. — Название с экрана.
82. Кузькин М. Особенности разработки в облаках / М. Кузькин // Открытые системы. — 2011. — № 6. — С. 38–41.
83. Платформа Force.com. — Режим доступа: <http://www.ctconsult.ru/products/force-platform/>. — Название с экрана.
84. Jelastic PaaS Java-платформа. — Режим доступа: <http://jelastic.com/ru/java-paas>. — Название с экрана.
85. Баранов В. Торговля воздухом, или зачем нужны облака / В. Баранов // IT Manager. — 2011. — № 7. — Режим доступа: [http://saasworld.ru/phparticles/show\\_news\\_one.php?n\\_id=502](http://saasworld.ru/phparticles/show_news_one.php?n_id=502). — Название с экрана.
86. Колесов А. Модель SaaS — в мире и в России / А. Колесов // БУТЕ. — 2008. — № 10. — Режим доступа: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=12825>. — Название с экрана.
87. Salesforce.com CRM. — Режим доступа: <http://www.ctconsult.ru/products/salesforce/>. — Название с экрана.
88. SaaS и развитие «1С:Предприятия». — Режим доступа: <http://www.slideshare.net/alevashov/1c-10196550> (04. 2012). — Название с экрана.
89. Компании готовы к переходу к облачным технологиям // Открытые системы. — 2011. — № 9. — С. 8.
90. Дериева Е. HP: на пути в «облака» / Е. Дериева. — Режим доступа: [http://ko.com.ua/hp\\_na\\_puti\\_v\\_oblaka\\_58792](http://ko.com.ua/hp_na_puti_v_oblaka_58792) (13. 10. 2011). — Название с экрана.
91. Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2010–2015. — Режим доступа: [http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns1175/Cloud\\_Index\\_White\\_Paper.html](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns1175/Cloud_Index_White_Paper.html). — Название с экрана.
92. Cisco Global Cloud Index Supplement: Cloud Readiness Regional Details. — Режим доступа: [http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns1175/CloudIndex\\_Supplement.html](http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns1175/CloudIndex_Supplement.html). — Название с экрана.
93. К 2015 году объем «облачного» трафика вырастет в 12 раз // Сети и телекоммуникации. — 2011. — № 12. — С. 22, 23.
94. Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2012–2017. — Режим доступа: [http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/Cloud\\_Index\\_White\\_Paper.pdf](http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/Cloud_Index_White_Paper.pdf). — Название с экрана.
95. Cisco: к 2017 году облачный трафик займет доминирующее положение в ЦОДах. — Режим доступа: <http://www.cisco.com/web//RU/news/releases/txt/2013/10/101613b.html>. — Название с экрана.
96. Облачный трафик будет доминировать в ЦОД // Открытые системы. — 2013. — № 9. — С. 9.

97. Уязвимости облаков // Press Releases. — 2011. — Режим доступа: <http://emea.trendmicro.com/emea/about/news/pr/ru/article/20110617105102.html>. — Название с экрана.
98. Информационная безопасность: развитие угроз // Сети и телекоммуникации. — 2011. — № 12. — С. 20—23.
99. Гриценко В.И. Информационные технологии: тенденция, пути развития / В.И. Гриценко, А.А. Урсатьев // УСиМ. — 2011. — № 5. — С. 3—20.
100. Анісімов А.В. Основи інформаційної безпеки та захисту інформації у контексті євроатлантичної інтеграції України: [науково-методологічний посібник] / А.В. Анісімов, В.А. Заславський, О.М. Фаль, [за ред. В.П. Горбуліна]. — К.: ДП НВЦ Євроатлантикінформ, 2006. — 104 с.
101. Борисов И. Информационная безопасность ЦОД — залог стабильности / И. Борисов // Сети и телекоммуникации. — 2013. — № 6. — С. 46—53.
102. Орлов С. Межсетевые экраны: новое поколение / С. Орлов // Журнал сетевых решений LAN. — 2013. — № 02. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2013/02/13034063/>. — Название с экрана.
103. Как потерять и вернуть доверие к интернету: «Лаборатория Касперского» о тенденциях 2013 года и прогнозах на 2014-й // Мобильные телекоммуникации. — 2013. — № 10. — С. 14, 15.
104. Варганич Е. Безопасная миграция в «облака» / Е. Варганич // Сети и телекоммуникации. — 2010. — № 11. — С. 56, 57.
105. Шабуров О. Король червей / О. Шабуров // Мир компьютерной автоматизации: встраиваемые компьютерные системы. — 2011. — № 2. — С. 58—60.
106. Мир ЦОД 2011: Чем опасны облака? // Конференция «Мир ЦОД 2011»: материалы (июль 2011). — Статьи на диске «Мир ПК». — 2011. — С. 3.
107. NIST Special Publication 800-53, Revision 3, Recommended Security Controls for Federal Information Systems and Organizations. — Режим доступа: [http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-53-Rev3/sp800-53-rev3-final\\_updated-errata\\_05-01-2010.pdf](http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-53-Rev3/sp800-53-rev3-final_updated-errata_05-01-2010.pdf) (01. 05. 2010). — Название с экрана.
108. Jansen W., Guidelines on Security and Privacy in Public Cloud Computing. NIST Special Publication 800-144. / W. Jansen, T. Grance. — Режим доступа: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-144/SP800-144.pdf>. — Название с экрана.
109. Методический документ ФСТЭК России: «Меры защиты информации в государственных информационных системах». — 2014. — Режим доступа: <http://fstec.ru/component/attachments/download/675>. — Название с экрана.
110. Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. Інформаційний перелік документів Фонду нормативних документів у сфері технічного та криптографічного захисту інформації. — Режим доступу: [http://dstszi.kmu.gov.ua/dstszi/control/uk/publish/article?jsessionid=191718F892FBA51E9D1187F5EB9B8842?art\\_id=89740&cat\\_id=89734](http://dstszi.kmu.gov.ua/dstszi/control/uk/publish/article?jsessionid=191718F892FBA51E9D1187F5EB9B8842?art_id=89740&cat_id=89734). — Назва з екрана.
111. Kundra V. U.S. Chief Information Officer. Federal cloud computing strategy / V. Kundra. — Режим доступа: <http://www.cio.gov/documents/federal-cloud-computing-strategy.pdf> (08. 02. 2011). — Название с экрана.
112. iqClinic внедрила «облачную» ERP-систему SAP. — Режим доступа: <http://www.cnews.ru/news/line/index.shtml?2011/11/24/465698>. — Название с экрана.

113. Дериева Е. Первым клиентом «облачных» решений SAP в СНГ стала украинская клиника iqClinic / Е. Дериева. — Режим доступа: [http://ko.com.ua/pervym\\_klientom\\_oblachnyh\\_reshenij\\_sap\\_v\\_sng\\_stala\\_ukrainskaya\\_klinika\\_iqclinic\\_59617](http://ko.com.ua/pervym_klientom_oblachnyh_reshenij_sap_v_sng_stala_ukrainskaya_klinika_iqclinic_59617) (30 ноября 2011). — Название с экрана.
114. *Преимущества iqClinic*. — Режим доступа: <http://iqclinic.com.ua/>. — Название с экрана.
115. Якимов А. «Рольф»: подготовка к миграции в облако / А. Якимов // Открытые системы. — 2011. — № 6. — С. 42–46.
116. SAP HR — Организационный менеджмент. — Режим доступа: [http://www.evola.ru/upload/sap%20materials/russian/hr\\_org.management.pdf](http://www.evola.ru/upload/sap%20materials/russian/hr_org.management.pdf). — Название с экрана.
117. Дубова Н. Академия выбирает облако / Н. Дубова // Открытые системы. — 2012. — № 1. — С. 22–25.
118. Тарнавский Г.А. Облачные технологии в компьютерном моделировании научных и инженерных задач / Г.А. Тарнавский // Программные продукты и системы. — 2011. — № 2. — Режим доступа: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=2758>. — Название с экрана.
119. Тарнавский Г.А. Анализ клиентской базы Центра компьютерного моделирования «облачного» портала Интернета / Г.А. Тарнавский, С.С. Чесноков // Информационные технологии. — 2011. — № 12. — С. 9–15.
120. Центр компьютерного моделирования в Интернете. — Режим доступа: <http://www.scishop.ru/>. — Название с экрана.
121. Колесов А. «Окончательное» определение облачных вычислений от NIST / А. Колесов. — Режим доступа: <http://cloudclub-ru.blogspot.com/2010/10/nist.html> (27.10.2011). — Название с экрана.
122. Колесов А. «Уходит в облако...» Читаю и ничего не понимаю / А. Колесов // PCWEEK. — Режим доступа: <http://www.pcweek.ru/mobile/blog/its/1901.php> (31.10.2011). — Название с экрана.
123. В. Коноплев «Вычислительное облако» как средство эффективной организации вычислительных ресурсов в центре обработки научных данных / В. Коноплев, Р. Назиров // Информационное общество. — 2013. — № 1-2. — С. 17–25.
124. Шикота С. К задаче развития инфокоммуникационной инфраструктуры научного центра / С. Шикота // Информационное общество. — 2013. — № 1-2. — С. 102–111.
125. Gnu general public license / Version 3, 29 June 2007. — Режим доступа: <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html> (14.03.2014). — Название с экрана.
126. Open Source Private Cloud, Open Source Private and Hybrid Clouds. — Режим доступа: <https://www.eucalyptus.com/cloud-topics/open-source-private-cloud>. — Название с экрана.
127. OpenStack: The Open Source Cloud Operating System. — Режим доступа: <http://www.openstack.org/software/> — Название с экрана.
128. Apache CloudStack Open Source Cloud Computing. — Режим доступа: <http://cloudstack.apache.org/>. — Название с экрана.
129. HP представляет Converger Cloud // Сети и телекоммуникации. — 2013. — № 3. — С. 5.
130. CERN, the European Organization for Nuclear Research. — Режим доступа: <http://home.web.cern.ch/about>. — Название с экрана.

131. *OpenStack Users By Industry*. — Режим доступа: <http://www.openstack.org/user-stories/#Academic%20/%20Research%20/%20Government>. — Название с экрана.
132. *Использование облачной инфраструктуры для анализа данных секвенирования микроРНК* / А. Куриченко, И. Заигрин, Ф. Шарко [и др.] // Информационное общество. — 2013. — № 1-2. — С. 26—38.
133. *Кисельов Г.Д.* Застосування хмарних технологій в дистанційному навчанні / Г.Д. Кисельов, К.В. Харченко // System analysis and information technologies: 15-th International conference SAIT 2013, Kyiv, Ukraine, 27—31 May, 2013. — К.: ESC IASA NTUU KPI, 2013. — С. 351.
134. *Кузьмина М.В.* Облачные технологии для дистанционного и медиаобразования: [учебно-методическое пособие] / М.В. Кузьмина, Т.С. Пивоварова, Н.И. Чупраков. — Киров: Типография «Старая Вятка», 2013. — 81 с.
135. *Библиотека на информационном рынке* // Открытые системы. — 2013. — № 3. — С. 13.
136. *Геннон Д.* Облака: демократизация научных вычислений / Д. Геннон, Дэ. Рид, Р. Барга // Открытые системы. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2011/02/13007709/>. — Название с экрана.
137. *Гриценко В.И.* Фундаментальные проблемы Е-обучения / В.И. Гриценко. — К.: Видавничий дім «Академперіодика», 2008. — 38 с.
138. *Гриценко В.И.* Введение в архитектуру информационного пространства / В.И. Гриценко, А.Б. Котова, М.И. Вовк. — К.: Наукова думка, 2003. — 168 с.
139. *Новости.* Факты. Тенденции. Дожить до 2015-го // Открытые системы. — 2014. — № 1. — С. 6, 7.
140. *Хайретдинов Р.* Как работают DLP-системы: разбираемся в технологиях предотвращения утечки информации / Р. Хайретдинов // Хакер. — 2011. — № 3. — Режим доступа: <http://www.hacker.ru/post/55604/> (04.05.2011). — Название с экрана.
141. *Утечки конфиденциальной информации: итоги 2013 года* // Сети и телекоммуникации. — 2014. — № 1-2. — С. 54—61.
142. *Черняк Л.* Время конвергентных инфраструктур / Л. Черняк // Открытые системы. — 2012. — № 4. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/os/2012/04/13015754/>. — Название с экрана.
143. *Конвергентные инфраструктуры — корпоративная ИТ-среда настоящего и будущего.* — Режим доступа: [http://www.karma-group.ru/converged\\_infrastructure\\_article](http://www.karma-group.ru/converged_infrastructure_article) (2014). — Название с экрана.
144. *Гриценко В.І.* Інформаційні технології і модель послуг / В.І. Гриценко, О.А. Урсатьєв // Науково-технічна інформація. — 2012. — № 3. — С. 47—54.
145. *Гриценко В.И.* Cloud Computing и облачная модель предоставления ИТ-услуг / В.И. Гриценко, А.А. Урсатьєв // Кибернетика и вычислительная техника. — 2013. — № 171. — С. 5—19.
146. *Гриценко В.И.* Общество знаний: проблемы становления и развития / В.И. Гриценко // УСиМ. — 2004. — № 4. — С. 5—13.
147. *Шлезингер М.* 10 лекций по статистическому и структурному распознаванию / М. Шлезингер, В. Главач. — К.: Наукова думка, 2004. — 545 с.
148. *Інформаційні технології в біології та медицині* / В.І. Гриценко, А.Б. Котова, М.І. Вовк [и др.]. — К.: Наукова думка, 2007. — 384 с.

149. *Файнзильберг Л.С.* Информационные технологии обработки сигналов сложной формы. Теория и практика / Л.С. Файнзильберг. — К.: Наукова думка, 2008. — 333 с.
150. *Оптимизационные задачи структурного распознавания образов // УСиМ.* — 2011. — № 2. — С. 1—97.
151. *Гриценко В.И.* Трансфер наукоемких технологий и изделий цифровой медицины для определения функционального состояния сердца человека в амбулаторных и домашних условиях / В.И. Гриценко, Л.С. Файнзильберг // Материалы II Междунар. форума «Трансфер технологій та інновацій». — К.: МОН України, 2008. — С. 275—283.
152. *Файнзильберг Л.С.* ФАЗАГРАФ® — эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца / Л.С. Файнзильберг // Клиническая информатика и телемедицина. — 2010. — Т. 6. — № 7. — С. 22—30.
153. *Гриценко В.И.* Мозг в ракурсе интеллектуальных информационных технологий / В.И. Гриценко, М.И. Вовк, А.В. Котова // Кибернетика и вычислительная техника. — 2010. — № 162. — С. 3—9.
154. *Вовк М.И.* Биоинформационная технология управления движениями человека / М.И. Вовк // Кибернетика и вычислительная техника. — 2010. — № 161. — С. 42—52.
155. *Пат.* № 51137 Україна. Спосіб голосового управління цифровим диктофоном / Т.К. Вінцюк, В.І. Гриценко, О.І. Павлов [та ін]. — Опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13.
156. *Пат.* № 51139 Україна. Спосіб введення-виведення інформації голосом в комп'ютерних та телекомунікаційних системах / Т.К. Вінцюк, В.І. Гриценко, О.І. Павлов [та ін]. — Опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13.
157. *Пат.* № 50036 Україна. Спосіб описування та розпізнавання мовленнєвих сигналів / Т.К. Вінцюк, В.І. Гриценко. — Опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10.
158. *Пат.* № 50040 Україна. Спосіб пофонемного розпізнавання злитого мовлення / Т.К. Вінцюк, В.І. Гриценко. — Опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10.
159. *Шур Л.Н.* Инфокоммуникационное обеспечение исследовательского центра: задачи и инфраструктура / Л.Н. Шур, А.Ю. Меньшутин, С.К. Шикота // Информационное общество. — 2011. — № 6. — С. 58—65.
160. *Ренессанс виртуализации // Открытые системы.* — 2007. — № 2. — С. 1—80.
161. *Программно* конфигурированные сети // Открытые системы. — 2012. — № 9. — С. 1—64.
162. *Программно* конфигурированные сети: революция здесь и сейчас // Сети и телекоммуникации. — 2013. — № 3. — С. 38—43.
163. *Блог* компании Mirantis/OpenStack. Интервью с Джоном Гриффитом, руководителем проекта OpenStack Cinder (блочное хранение данных). — Режим доступа: [http://habrahabr.ru/company/mirantis\\_openstack//blog/186400/](http://habrahabr.ru/company/mirantis_openstack//blog/186400/) (11.07.2013). — Название с экрана.
164. *Сухоручкина О.Н.* Структуры функциональной организации интеллектуализированного управления мобильной системой / О.Н. Сухоручкина // Управляющие системы и машины. — 2007. — № 3. — С. 26—33, 63.
165. *Сухоручкина О.Н.* Активирующая подсистема интеллектуального управления сервисным роботом / О.Н. Сухоручкина // Сборник докладов

- Всерос. науч.-техн. конф. «Экстремальная робототехника», 25–26 сент. 2012 г. — СПб.: Изд-во «Политехника-сервис», 2012. — С. 101–105.
166. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. — М.: Физматлит, 2001. — 320 с.
167. Ильин В. Экзафлопсы против математического моделирования / В. Ильин // Открытые системы. — 2013. — № 5. — С. 16–19.
168. Гриценко В.И. Семантическое распознавание информационных объектов на основе онтологического представления знаний о предметной области в задачах интеллектуального управления / В.И. Гриценко, А.Я. Гладун, Ю.В. Рогущина // Кибернетика и вычислительная техника. — 2014. — Вып. 178. — С. 5–20.
169. Using of information resources of Hydrometeorological service of Ukraine for purposes of Water resources assessment and Hydrological forecasting / Y. Kotikov, V. Gritsenko, S. Krivenko [et al.] // On the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. (Bucharest, Romania, 2–6 Sept., 2002): Abstracts 21st Conference of the Danubian Countries. — Bucharest: National Institute of Meteorology and Hydrology. 2002. — P. 126.
170. GEANT. — Режим доступа: <http://www.uran.net.ua/projects/geant/first.htm> (13.09.2012). — Название с экрана.
171. Загородний А. Український національний грід — проблеми і перспективи — «Український Національний Грід — 2012» / А. Загородний // Робоча нарада, 1–2 листопада 2012 р. — Режим доступу: [http://ung.in.ua/upload/user\\_files/UNG\\_Workshop/november\\_1/Zagorodniy\\_UNG.pptx](http://ung.in.ua/upload/user_files/UNG_Workshop/november_1/Zagorodniy_UNG.pptx) — Назва з екрана.
172. Свістунов. С.Я. Технічний стан грід-інфраструктури: досягнення і проблеми / С.Я. Свістунов // Робоча нарада 1–2 листопада 2012 р. — Режим доступу: [http://ung.in.ua/upload/user\\_files/UNG\\_Workshop/november\\_1/Doclad\\_Rab-Sovechaniye-2012\\_v-3.pptx](http://ung.in.ua/upload/user_files/UNG_Workshop/november_1/Doclad_Rab-Sovechaniye-2012_v-3.pptx). — Название с экрана.
173. UA-Grid: Украинская национальная грид-программа / А.Г. Загородний, С.Я. Свістунов, Л.Ф. Белоус, А.Л. Головинский // Материалы международной конференции по параллельным и распределенным компьютерным системам. — Х., 2013. — Режим доступа: <http://hpc-ua.org/pdcs-13/files/proceedings/62.pdf>.
174. Региональная сеть для науки и образования ChANT как инфраструктура для Грид-приложений / М.В. Григорьева, С.А. Крашаков, А.Ю. Меньшутин [и др.] // Материалы IV Международной конференции ГРИД'2010 «Распределенные вычисления и Грид-технологии в науке и образовании». — Дубна, 2010. — С. 345–351.
175. Средство для общения виртуальных коллективов AccessGrid — реализация для научных семинаров и рабочих групп // Л.Н. Щур, С.А. Крашаков, А.Ю. Меньшутин [и др.] // Материалы XII Всероссийской научной конференции RCDL'2010 «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции». — Казань, 2010. — С. 519–523.
176. Высокопроизводительный программно-аппаратный комплекс для приема и отображения визуальной информации / М.В. Григорьева, С.А. Крашаков, А.Ю. Меньшутин [и др.] // Материалы суперкомпьютерного форума «Суперкомпьютерные технологии в образовании, науке и промышленности», 1–3 ноября, 2011 г. — Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2011. — С. 96–99.
177. AT&T: History of Network Management. — Режим доступа: <http://www.corp.att.com/history/nethistory/management.html>. — Название с экрана.



178. *NOC Project site*. — Режим доступа: <http://kb.nocproject.org/display/SITE/About>. — Название с экрана.
179. *Introduction to Storage Area Networks and System Networking*. — Режим доступа: <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg245470.pdf>. — Название с экрана.
180. *HP SAN Design Reference Guide*. — Режим доступа: <http://h20000.www2.hp.com/bc/docs/support/SupportManual/c00403562/c00403562.pdf>. — Название с экрана.
181. *Storage Networking Industry Association «Common RAID Disk Data Format Specification»*. — Режим доступа: [http://www.snia.org/sites/default/files/SNIA\\_DDF\\_Technical\\_Position\\_v2.0.pdf](http://www.snia.org/sites/default/files/SNIA_DDF_Technical_Position_v2.0.pdf). — Название с экрана.
182. *Oracle* вошла в число спонсоров OpenStack // Открытые системы. — 2014. — № 1. — С. 6.
183. *OpenStack Cloud Administrator Guide*. — Режим доступа: <http://docs.openstack.org/admin-guide-cloud/admin-guide-cloud.pdf>. — Название с экрана.
184. *Уков Д.* Блог компании Mirantis/OpenStack. — Хранение объектов для облака OpenStack: сравнение Swift и Ceph. / Д. Уков. — Режим доступа: [http://habrahabr.ru/company/mirantis\\_openstack/blog/176195/](http://habrahabr.ru/company/mirantis_openstack/blog/176195/) (15.04.2013). — Название с экрана.
185. *OpenStack Installation Guide for Ubuntu 12.04/14.04 (LTS)*. — Режим доступа: <http://docs.openstack.org/icehouse/install-guide/install/apt/openstack-install-guide-apt-icehouse.pdf>. — Название с экрана.
186. *Heat Orchestration Template (HOT) Guide*. — Режим доступа: [http://docs.openstack.org/developer/heat/template\\_guide/hot\\_guide.html](http://docs.openstack.org/developer/heat/template_guide/hot_guide.html). — Название с экрана.
187. *OpenStack High Availability Guide*. — Режим доступа: <http://docs.openstack.org/high-availability-guide/high-availability-guide.pdf>. — Название с экрана.
188. *Bhanu P. Tholeti: Hypervisors, virtualization, and the cloud: Learn about hypervisors, system virtualization, and how it works in a cloud environment / P. Bhanu*. — Режим доступа: [http://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/clhypervisorcompare/index.html?S\\_TACT=105AGX99&S\\_CMP=CP](http://www.ibm.com/developerworks/cloud/library/clhypervisorcompare/index.html?S_TACT=105AGX99&S_CMP=CP). — Название с экрана.
189. *OpenStack: Documentation*. — Режим доступа: <http://docs.openstack.org/>. — Название с экрана.
190. *Гриценко В.И.* Информационно-коммуникационные технологии в образовании для всех — в ракурсе проблем общества знаний / В.И. Гриценко. — Киев: Академперіодика, 2007. — 28 с.
191. *Шур Л.Н.* Роль инфокоммуникационных технологий в развитии процесса глобализации научных исследований / Л.Н. Шур. — Режим доступа: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/9d6d5000a3f1542f44257abd002c409b>. — Название с экрана.
192. *Access Grid Developer Tutorial*. — Режим доступа: <http://www.accessgrid.org/developer/Services>. — Название с экрана.
193. *Real-Time Messaging Protocol (RTMP) specification*. — Режим доступа: <http://www.adobe.com/devnet/rtmp.html>. — Название с экрана.

194. «Bring Your Own Device: The Results and the Future». — Режим доступа: <https://www.gartner.com/doc/2730217>. — Название с экрана.
195. Каспро-Леон Э. Консьюмеризация в экосистеме сервисов / Э. Каспро-Леон // Открытые системы. — 2014. — № 9. — С. 26–29.
196. *Unified Communications Working Group*. — Режим доступа: <http://www.imtc.org/uc/>. — Название с экрана.
197. *MERA Unified Communications*. — Режим доступа: <http://www.meranetworks.com/competences/enterprise/uc>. — Название с экрана.
198. *Elastix home page*. — Режим доступа: [http://www.elastix.org/\\_index.php/en/](http://www.elastix.org/_index.php/en/). — Название с экрана.
199. Кириллов И. Рынок ВКС: Большое перераспределение / И. Кириллов // Сети & бизнес. — 2014. — № 4 (77). — С. 44–50.
200. *Avaya Scopia® Desktop and Mobile Applications*. — Режим доступа: <http://www.avaya.com/usa/product/avaya-scopia-desktop-and-mobile-applications>. — Название с экрана.
201. *Polyscom RSS 4000: устройство для записи видеоконференций*. — Режим доступа: <http://www.polycom.com.ru/products-services/realpresence-platform/video-content-management/realpresence-capture-series/rss-4000.html>. — Название с экрана.
202. *AccessGrid Project home page*. — Режим доступа: <http://www.accessgrid.org/>. — Название с экрана.
203. Foster I. What is the Grid? A Three Point Checklist / I. Foster. — Режим доступа: <http://www.mcs.anl.gov/~itf/Articles/WhatIsTheGrid.pdf>. — Название с экрана.
204. *Open Meetings Project home page*. — Режим доступа: <http://openmeetings.apache.org>. — Название с экрана.
205. *BigBlueButton Project home page*. — Режим доступа: <http://bigbluebutton.org>. — Название с экрана.
206. Иванов В.К. Организация видеоконференций на платформе BigBlueButton / В.К. Иванов. — Т.: Тверской государственный технический университет, 2012. — 14 с. — Режим доступа: <http://cdokp.tstu.tver.ru/site/services/download.aspx?act=1&dbid=marcmain&did=87897>. — Название с экрана.
207. *BigBlueButton Frequently Asked Questions: Bandwidth Requirements*. — Режим доступа: [https://code.google.com/p/bigbluebutton/wiki/FAQ#Bandwidth\\_Requirements](https://code.google.com/p/bigbluebutton/wiki/FAQ#Bandwidth_Requirements). — Название с экрана.
208. Олифер В.Г. Новые технологии и оборудование IP-сетей / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. — СПб.: БХВ, 1999. — 512 с.
209. Bradner S. RFC2544-Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices / S. Bradner, J. McQuaid. — 1999.
210. Копачев А.Г. Методы управления трафиком в мульти-сервисных сетях / А.Г. Копачев // Информатизация образования. — 2004. — № 4. — С. 69–74.
211. *DiffServ — The Scalable End-to-End QoS Model* // Cisco IOS Technologies. — 2005. — Режим доступа: [http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk543/tk766/technologies\\_white\\_paper09186a00800a3e2f.html](http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk543/tk766/technologies_white_paper09186a00800a3e2f.html). — Название с экрана.
212. Braden R. RFC1633 — Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview / R. Braden // Internet FAQ Archives. — 1994.
213. Листопад Н.И. Обеспечение качества обслуживания в сетях с коммутацией пакетов / Н.И. Листопад, И.О. Величkevич. — Режим доступа: [http://www.mpt.gov.by/File/2009\\_02/Listopad.pdf](http://www.mpt.gov.by/File/2009_02/Listopad.pdf). — Название с экрана.

214. *RFC 3550 «RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications»*. — Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc3550>. — Название с экрана.
215. *RFC 3711 The Secure Real-time Transport Protocol (SRTP)*. — Режим доступа: <http://tools.ietf.org/html/rfc3711>. — Название с экрана.
216. *H.320: Narrow-band visual telephone systems and terminal equipment*. — Режим доступа: <http://www.itu.int/rec/T-REC-H.320/e>. — Название с экрана.
217. *RFC 3261 SIP: Session Initiation Protocol*. — Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc3261>. — Название с экрана.
218. *Network bandwidth requirements for media traffic*. — Режим доступа: <http://technet.microsoft.com/en-gb/library/jj688118.aspx>. — Название с экрана.
219. *Gartner Highlights the Top 10 Cloud Myths // STAMFORD, Conn.* — 2014. — Режим доступа: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2889217>. — Название с экрана.
220. 10 самых опасных мифов об облаках // Открытые системы. — 2014. — № 9. — С. 7.
221. *Гибридные облака завоевывают мир // Открытые системы*. — 2013. — № 9. — С. 10.
222. *Olofson C.W. Big Data: Trends, Strategies, and SAP Technology / C.W. Olofson, D. Vesset*. — Режим доступа: [https://www.sap.com/bin/sapcom/en\\_ae/downloadasset.2012-09-sep-26-13.idc-report-big-data-trends-strategies-and-sap-technology-pdf.html](https://www.sap.com/bin/sapcom/en_ae/downloadasset.2012-09-sep-26-13.idc-report-big-data-trends-strategies-and-sap-technology-pdf.html). — Название с экрана.
223. *Лебедев С. Унификация транспорта ЦОД / С. Лебедев // Журнал сетевых решений LAN*. — 2009. — № 07. — С. 21–24.
224. *FIBRE CHANNEL в теории и на практике. SAN*. — Режим доступа: <http://www.fibrechannel.ru/san.htm/>. — Название с экрана.
225. *Ганьжа Д. Fibre Channel / Д. Ганьжа // Журнал сетевых решений LAN*. — 1999. — № 12. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/1999/12/134565/>. — Название с экрана.
226. *Дайлип Н. Системы хранения данных в Windows / Н. Дайлип*. — Вильямс, 2005 — 432 с.
227. *Сети хранения данных на базе интерфейса Fibre Channel*. — Режим доступа: <http://www.xnets.ru/plugins/content/content.php?content.203.7>. — Название с экрана.
228. *ESP\_Header and FC Fill Bytes T11/05-708v0 Claudio DeSanti*. — Режим доступа: <http://www.t11.org/ftp/t11/member/fc/fs-2/05-708v0.pdf>. — Название с экрана.
229. *Лебедев С. Транспортные технологии современного ЦОД / С. Лебедев // Журнал сетевых решений LAN*. — 2008. — № 10. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2008/10/5577358/>. — Название с экрана.
230. *Борнеманн А. Идеальной концепции SAN не существует / А. Борнеманн // Журнал сетевых решений LAN*. — 2009. — № 07. — С. 18–20.
231. *Олифер В. Введение в IP-сети / В. Олифер, Н. Олифер*. — 1999. — Режим доступа: <http://www.citforum.ru/nets/ip/contents.shtml>. — Название с экрана.
232. *WI-FI/WIMAX. Специальный выпуск // Мобильные телекоммуникации*. — 2006. — № 4. — 111 с.
233. *Трабер Э. Как повысить пропускную способность беспроводной сети Э. Трабер // Журнал сетевых решений LAN*. — 2006. — № 4. — С. 44–47.

234. *Ритцлер М.* Fibre Channel по IP / М. Ритцлер // Журнал сетевых решений LAN. — 2004. — № 07. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/lan/2004/07/139347/>. — Название с экрана.
235. *Черняк Л.* IP для сетей хранения / Л. Черняк // Открытые системы. — 2002. — № 1. — Режим доступа: [www.osp.ru/os/2002/01/180940/#top](http://www.osp.ru/os/2002/01/180940/#top). — Название с экрана.
236. *Тонкие клиенты Hewlett Packard.* — Режим доступа: <http://www.lids.com.ua/rus/catalog/thin-clients/hp/154> (2011). — Название с экрана.
237. *Лицензирование Windows Server.* — Режим доступа: [http://download.microsoft.com/documents/rus/WindowsServer2012/WS2012\\_Licensing-Pricing\\_Data-sheet\\_ru.pdf](http://download.microsoft.com/documents/rus/WindowsServer2012/WS2012_Licensing-Pricing_Data-sheet_ru.pdf) (2012). — Название с экрана.
238. *VMware Horizon View.* — Режим доступа: [http://www.vmware.com/ru/products/desktop\\_virtualization/view/overview.html](http://www.vmware.com/ru/products/desktop_virtualization/view/overview.html). — Название с экрана.
239. *Microsoft Hyper-V.* — Режим доступа: [http://www.microsoft.com/oem/ru/products/servers/Pages/hyper\\_v\\_server.aspx](http://www.microsoft.com/oem/ru/products/servers/Pages/hyper_v_server.aspx). — Название с экрана.
240. *Fujitsu Zero Client.* — Режим доступа: [http://www.kossplus.ru/pics/Zero%20Client\\_VDI.pdf](http://www.kossplus.ru/pics/Zero%20Client_VDI.pdf). — Название с экрана.
241. *Протокол ICA от CITRIX.* — Режим доступа: [http://www.citrix.com/site/resources/dynamic/additional/ICA\\_Acceleration\\_0709a.pdf](http://www.citrix.com/site/resources/dynamic/additional/ICA_Acceleration_0709a.pdf). — Название с экрана.
242. *Протокол HDX.* — Режим доступа: [http://www.citrix-download.com/perspective/HDX\\_Demystified.pdf](http://www.citrix-download.com/perspective/HDX_Demystified.pdf). — Название с экрана.
243. *PCoIP.* — Режим доступа: <http://www.teradici.com/pcoip-technology.php> (2013). — Название с экрана.
244. *Fujitsu IT Future, Киев.* — Режим доступа: [http://globalsp.ts.fujitsu.com/dmmp/Publications/public/RU-UA\\_IT\\_Future\\_8\\_Zero\\_Clients.pdf](http://globalsp.ts.fujitsu.com/dmmp/Publications/public/RU-UA_IT_Future_8_Zero_Clients.pdf) (14.09.2012). — Название с экрана.
245. *Horizon View FAQs.* — Режим доступа: [http://www.vmware.com/ru/products/desktop\\_virtualization/view/faqs.html](http://www.vmware.com/ru/products/desktop_virtualization/view/faqs.html) (2012). — Название с экрана.
246. *Обзор VMware View.* — Режим доступа: <http://www.vsphere5.ru/doku.php?id=using-vmware-vmware-view-description> (2013). — Название с экрана.
247. *VMware Horizon View 5.2 Reviewer's Guide.* — Режим доступа: <http://www.vmware.com/files/pdf/view/VMware-View-Evaluators-Guide.pdf>. — Название с экрана.
248. *Черняк Л.* VMware «на столе» / Л. Черняк // Открытые системы. — 2010. — № 4. — Режим доступа: <http://www.osp.ru/news/articles/2010/14/13001373/>. — Название с экрана.
249. *Предоставление настольных компьютеров из облака.* — Режим доступа: [http://www.vmware.com/ru/products/desktop\\_virtualization/view/features.html](http://www.vmware.com/ru/products/desktop_virtualization/view/features.html). — Название с экрана.
250. *Управление виртуальными рабочими столами в VMware Horizon View.* — Режим доступа: <http://www.vsphere5.ru/doku.php?id=using-vdi-with-vmware-view-premier> (2012). — Название с экрана.
251. *VMware ThinApp.* — Режим доступа: [http://www.vmware.com/ru/products/desktop\\_virtualization/thinapp/overview.html](http://www.vmware.com/ru/products/desktop_virtualization/thinapp/overview.html). — Название с экрана.
252. *Citrix XenServer.* — Режим доступа: <http://www.citrix.com/products/xenserver/overview.html>. — Название с экрана.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
<b>Г Л А В А 1. ПРОБЛЕМЫ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ .....</b>	<b>7</b>
1.1. Прогноз роста объемов данных .....	7
1.2. Архивирование данных .....	8
1.3. Организация систем хранения данных .....	11
1.3.1. Транспорт систем хранения данных .....	14
<b>Г Л А В А 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ТЕНДЕНЦИИ И ПУТИ РАЗВИТИЯ .....</b>	<b>17</b>
2.1. Business Intelligence — эволюция, новые ИТ .....	17
2.2. Стратегия интеграции хранилищ. Информационное пространство ....	23
2.3. Технологии предоставления услуг .....	30
2.3.1. Cloud Computing, или распределенный ИТ-ресурс как услуга .....	36
2.3.1.1. «Облачные вычисления». Определение. Характеристики .....	44
2.3.1.2. Категории или уровни абстракции услуг .....	53
2.3.1.3. Тенденция развития ИТ-услуг .....	67
2.3.1.4. Вопросы безопасности работы в облаке .....	73
2.3.1.5. Готовность мирового сообщества к потреблению ИТ-услуг и становление новой бизнес-модели в странах СНГ .....	83
<b>Г Л А В А 3. ПЛАТФОРМА ГЕОРАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....</b>	<b>101</b>
3.1. Предпосылки к выбору платформы .....	101
3.2. Возможные решения .....	101
3.3. Механизм динамического перераспределения ресурсов облака .....	104
3.4. Облачные решения Многоцелевого комплекса обработки научных данных и исследований .....	108
3.4.1. Предполагаемая реализация Многоцелевого комплекса .....	114
3.4.1.1. Системное программное обеспечение .....	117
3.4.2. Работа пользователей на Многоцелевом комплексе .....	122
<b>Г Л А В А 4. СИСТЕМЫ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ МНОГОЦЕЛЕВОГО КОМПЛЕКСА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....</b>	<b>127</b>
4.1. Классификация известных систем, выбор видеоконференцсвязи .....	127
4.1.1. Состояние проблемы .....	127

## Оглавление

---

4.1.2. Требования, предъявляемые к системам ВКС .....	131
4.1.3. Преимущества и недостатки применения систем ВКС .....	135
4.1.4. Обсуждение вопроса .....	148
4.2. Мультимедийный трафик: сети, качество обслуживания, протоколы передачи, сжатие аудио- и видеопотоков .....	149
4.2.1. Особенности передачи мультимедиа трафика .....	149
4.2.2. Методы обеспечения качества обслуживания (QoS) трафика .....	151
4.2.3. Протоколы передачи мультимедиа трафика .....	154
4.2.4. Сжатие аудио- и видеопотоков .....	159
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	163
<b>П Р И Л О Ж Е Н И Е А. ТРАНСПОРТ СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ ДАНЫХ</b> .....	167
<b>П Р И Л О Ж Е Н И Е Б. УДАЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ</b> .....	183
<b>СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ</b> .....	192
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	199

Наукове видання

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ

ГРИЦЕНКО Володимир Ілліч  
УРСАТЬЄВ Олексій Андрійович

**СУЧАСНІ  
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ  
І ОБЧИСЛЕНЬ**

Російською мовою

Київ, Науково-виробниче підприємство  
«Видавництво “Наукова думка” НАН України», 2017

Художнє оформлення *І.Р. Сільман*  
Художній редактор *І.Р. Сільман*  
Технічний редактор *Т.С. Березяк*  
Коректор *В.М. Ткаченко*  
Оператор *І.А. Сухиня*  
Комп'ютерна верстка *Л.В. Багненко*

Підп. до друку 24.02.2017. Формат 60×90/16. Папір офс. № 1.  
Гарн. Таймс. Друк. офс. Ум. друк. арк. 14,25. Ум. фарбо-відб. 13,5.  
Обл.-вид. арк. 13,5. Тираж 200 прим. Зам. № 17—198

Оригінал-макет виготовлено  
у НВП «Видавництво “Наукова думка” НАН України»  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 2440 від 15.03.2006 р.  
01601 Київ 1, вул. Терещенківська, 3

ПАТ фірма “Віпол”  
03151 Київ 151, вул. Волинська, 60  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
серія ДК № 4404 від 31.08.2012 р.

