

В.В. Точилин, А.А. Урсатьев

## Выбор системы видеоконференцсвязи научного и научно-учебного учреждения

Сформулированы требования к системам видеоконференцсвязи как к наиболее оптимальным средствам коммуникации в исследованиях научных коллективов и в моделях образования, соответствующих требованиям всеобщего доступа к обучению, непрерывности и трансграничности. Предложены сравнительные характеристики систем и пути их применения.

The requirements to the videoconferencing systems are worded as the best means of communication while researching of scientific groups and in education models that meet the requirements of universal access to education, continuity, cross-border. The comparative characteristics of the systems and the ways of their application are proposed.

Сформульовано вимоги до систем відеоконференцв'язку як до найбільш оптимальних засобів комунікації в дослідженнях наукових колективів і в моделях освіти, що відповідають вимогам загального доступу до навчання, безперервності та транскордонності. Запропоновано порівняльні характеристики систем і шляхи їх застосування.

**Введение.** Анализ современных аспектов научной и научно-учебной деятельности [1–3] позволил выделить основные направления:

- глобализация исследовательского процесса, в который вовлекаются ученые и лаборатории из разных стран;
- необходимость обучения и воссоздания специалистов для новых отраслей знаний;
- высокая конкуренция исследований;
- жесткие временные рамки проведения исследований вследствие высокой конкуренции исследовательских групп;
- большой объем данных и информации, используемых в исследованиях.

Из этого следует, что глобализация научной деятельности требует привлечения новых программных и аппаратных средств как подсистем глобального информационного пространства. К числу таких средств непосредственного общения, обмена научными данными, обеспечения возможности работы распределенных научных коллективов, обучения специалистов, а также распространения полученных знаний относятся системы видеоконференцсвязи. Послед-

ние считаются наиболее оптимальным средством коммуникации, что обусловлено физиологическими особенностями человека. Так, практически 80 процентов информации человек получает из внешнего мира именно через визуальный канал восприятия.

### Состояние вопроса

Положительный опыт реализации видеосистем для совместной работы виртуальных коллективов, проведения распределенных видеоконференций и семинаров накоплен – это широко распространенная программная система *Skype* и среда *AccessGrid* [4, 5], представляющая инструментарий для создания средств аудиовизуального общения. ПО *AccessGrid* – это мультиплатформенное решение 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.

Вместе с тем, в этом вопросе не все так просто и однозначно. Скажем, реализация видео-

конференцсвязи (ВКС) сопряжена с определенными трудностями, вызванными 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, что будет соблюдена интероперабельность в распределенной среде партнеров и возможность реализовать поставленные задачи. Подразумевается различное применение системы: индивидуальное общение; видеолекция 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 пр. Учитывая эти обстоятельства, рассмотрим особенности классификации ВКС.

Можно выделить следующие варианты организации ВКС в зависимости от используемых средств (аппаратная, программная и программно-аппаратная реализация), назначения и мобильности. ВКС также могут быть общего назначения (большинство производимых систем, к которым не предъявляются специфические требования по защищенности, функционированию и др.), специализированные (предназначенные для работы в определенной области или среде и имеющие соответствующие сертификаты), стационарные, мобильные.

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

По количеству участников конференции: соединение *точка–точка*, и с возможностью многоточечных соединений.

Аппаратные системы ВКС, это комплексные интегрированные решения, предлагаемые на рынке компаниями *CISCO (TANDBERG)*, *SONY*, *Policom*, *Logitech (LifeSize)* и многими

другими. Они состоят из терминалов (программной и аппаратной реализации), серверов и дополнительного оборудования (видеокамеры, мониторы и пр.). Связь осуществляется стандартными протоколами и кодеками, что теоретически позволяет объединять оборудование различных производителей. Соединение *точка–точка* проходит между двумя терминалами напрямую, минуя сервер. Это, как правило, дает более продуктивное использование сети. Для многоточечной конференции необходимо использование сервера многоточечной связи *MCU (Multipoint Control Unit)*.

Программная видеосвязь предполагает наличие компьютерных программ, состоящих из серверной и клиентской частей. Обычно ВКС организуется непосредственно через сервер. Данный тип связи обеспечивает исключительную гибкость работы при организации ВКС. Например, дает возможность участникам видеоконференции просматривать рабочий стол одного из них, редактировать всем участникам документы и др. К недостаткам можно отнести то, что программная реализация в основном построена на использовании *RTMP*-пакетов [6], 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 подразделяется на два типа:

- групповое, размещаемое в отдельном помещении – более дорогое и требовательное к пропускной способности каналов, однако, обеспечивающее 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. 1) – это абонентские комплексы видеоконференцсвязи. В состав системы входит сервер групповой ВКС (например, *Sony PCS-1P* с блоком передачи графики *PCS-DSB1*), экран, видеочамера, микрофоны и аудиосистема. Абонентские комплексы обычно устанавливаются в отдельных помещениях – комнатах для переговоров. Основное назначение групповых систем ВКС – обеспечить комфортное визуальное общение группы участников с удаленными собеседниками.



Рис. 1

В групповых ВКС применяются видеочамеры 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 пр. 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. Также используются проекторы, плазменные панели, телевизоры. Для сохранения и последующего просмотра конференции используются специальные устройства записи.

Групповые системы ВКС имеют недостатки: это постоянное присутствие в помещении, где размещено оборудование, необходимость в обслуживающем персонале для управления системой во время сеансов связи, и, как правило, удаленность от рабочего места и компьютера, что ограничивает возможность использования документов. Подготовка к конференции требует большой тщательности и затрат времени.

Персональные системы не имеют 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 приемлемо использование ПК со специализированной клиентской программой, видеочамерой, гарнитурой или микрофоном и аудиосистемой. Преимущество такого решения – его цена. Однако, если необходимо получить качественную «картинку» от такого терминала, необходимо использовать видеочамеру, позволяющую передавать изображение в качестве HD (*TANDBERG's PrecisionHD USB camera*, *Microsoft HD 5000*, *Logitech B910HD* и др.)

Отдельное решение – применение специализированных аппаратных терминалов ВКС: видеотелефонов и видеотерминалов.

Видеотелефоны – это логическое продолжение телефонного аппарата с возможностью осуществления видеозвонков. Основное преимущество видеотелефона – его низкая (в сравнении с другими видами аппаратных персональных терминалов) цена. Но он имеет и ряд недостатков, основной из которых – ограниченные медиавозможности.

Современные видеотерминалы чаще всего 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.

### Требования к системам ВКС

Основываясь на классификации ВКС, и учитывая организационную структуру научно-учебного учреждения, по мнению авторов, необходимо выделить виды видеоконференцсвязи, реализующие:

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

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

Необходимое условие – возможность самостоятельно регистрировать в системе ВКС пользователей, а также иметь достаточный лимит на одновременное подключение всех приглашенных к участию в конференции.

Рабочая группа должна иметь возможность начать конференцсвязь в любое время, что обуславливает высокую надежность системы. Также необходимо внедрить возможность планирования начала проведения конференций. Для удобства пользователей в сервисе ВКС должен быть предусмотрен календарь проведения конференцсвязи.

Для видеоконференции в рамках рабочей группы следует учитывать пребывание определенного количества пользователей за пределами учреждения: внешние эксперты, сотрудники, пребывающие в командировке и пр. В этом случае защита информации обязательна, например, такая как кодирование канала передачи данных, идентификация пользователей и др.

Во время конференции пользователи должны иметь возможность в любое время получить «слово». Поскольку рабочая группа состоит из небольшого количества участников, наличие отдельного модератора конференции, ответственного за предоставление «права голоса», не обязательно. Одно из необходимых требований – наличие интерактивной доски (рис. 2), которая

позволяет организовывать просмотр участниками конференции документов различных форматов, пользоваться «указкой», рисовать поверх открытых документов, масштабировать их и перелистывать страницы. В рамках интерактивной доски возможно просматривать видео- и прослушивать аудиофайлы, читать web-страницы и пр. Наличие частного и группового чата представляет возможность передачи информации, плохо воспринимаемой на слух: адреса веб-страниц, номера телефонов и другой строковой информации.

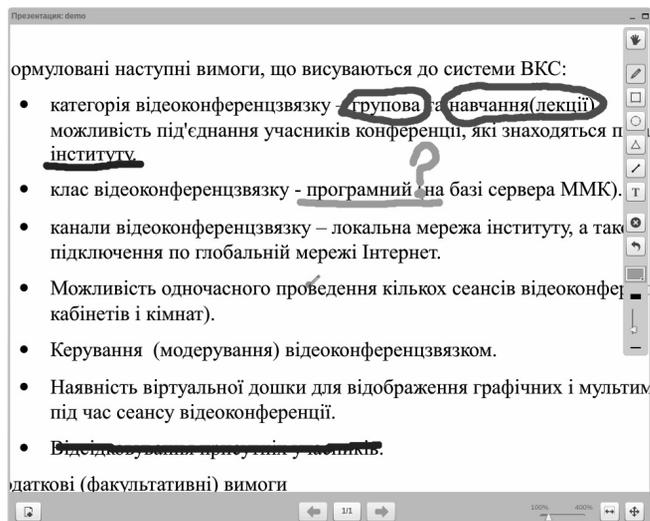


Рис. 2

Заседание (отдела, ученого совета, научных конференций и пр.) проводится в более формализованном порядке и с большим количеством участников. Это вносит дополнительные требования. Во-первых, необходимо введение модерации: как правило, выделяется один или несколько модераторов, ответственных за ведение конференции, демонстрацию документов и обладающих правом передачи «голоса» участникам конференции. Другое требование – необходимость проведения записи конференции для создания стенограммы заседания или последующего просмотра. Наличие видеокартинки каждого участника конференции не обязательно, главное, чтобы все участники могли видеть ключевых спикеров.

При такого рода заседаниях необходимо предусмотреть возможность специально оборудованного помещения (групповая система ВКС),

в котором докладчик будет иметь доступ к интерактивной доске, документ-камере или цифровой «белой доске».

Поскольку основная задача обучения – 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, – трансляции мультимедиа потока и материалов лекции. Для повторного просмотра материалов должна осуществляться запись.

Один из существенных факторов, влияющих также на выбор ВКС, – это возможность ее работы с протоколами семейства *H.320* и/или *SIP*. Этим обеспечивается подключение различного оборудования к ВКС и использование *RTMP*-пакетов для применения в качестве терминала обычного браузера, онлайн трансляции в сети *Internet* и др.

Необходимо также обратить внимание на соблюдение соответствия современным тенденциям развития ИТ, что обеспечит продолжительное удобство использования, отодвинет время «морального» устаревания системы. В последние годы наблюдается колоссальный рывок в развитии персональных мобильных коммуникационных устройств, таких как смартфоны, планшеты. Помимо использования в личных целях, их все чаще применяют в непосредственной работе. Использование личного оборудования и ПО в производственных целях получило название консьюмеризации ИТ [7]. Связанные с этим риски для безопасности и конфиденциальности информации способствуют развитию новых подходов к организации корпоративной инфраструктуры. Они объединены в концепции *BYOD (Bring Your Own Device)* и *BYOA (Bring Your Own Applications)* [8]. Значительное увеличение мобильного оборудования увеличило число возможных каналов общения между людьми, например: мобильная телефонная связь, средства обмена мгновенными сообщениями (*Scype, IM, Google Talk* и пр.), электронная почта, ВКС, *IP*-телефония, а

также 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*) [9]. *UC*-технология пребывает на стадии разработки. Суть ее в следующем. *UC* – это ядро для обработки запросов пользователей и средства для их подключения к различным видам коммуникаций, объединенных единым интерфейсом. Встроенная в ядро централизованная база облегчает задачу контроля доступа и защиты информации, а также ускоряет поиск и просмотр архива переписки.

Рынок предлагает программные продукты, реализующие концепцию *UC*, например: *Aura* компании *Avaya*, *Cisco Unified Communications Manager*, *Sametime Unified Telephony* от *IBM*, *Microsoft Lync Server 2013* и др. В большинстве этих продуктов системы ВКС интегрированы. Доступны и *UC* решения, взаимодействующие с уже существующими системами ВКС [10, 11].

### **Преимущества и недостатки применения различного рода систем ВКС**

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

Другой фактор – это 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. Она – самая высокая из всех проанализированных нами систем.

Рассмотрим, в какой степени соответствуют аппаратные системы ВКС условиям проведения конференций в рамках рабочей группы, заседания и обучения. Большинство аппаратных ВКС имеют как аппаратные, так и программные пер-

сональные терминалы, например, *Polycom PVX*, *Emblaze-VCON vPointHD*, *LifeSize Desktop* и др. Существуют также персональные программные терминалы для смартфонов и планшетов (например, *Radvision Avaya Desktop Mobile*) [12], что обеспечивает мобильность участников конференции. Среди программных терминалов существуют и такие, что поддерживают презентацию различных документов, которые находятся на ПК пользователя (*Emblaze-VCON vPointHD*, *Polycom People + Content* и др.). Однако полноценная интерактивная доска не обнаружена ни в одной из приведенных программ.

Отсутствуют в системах аппаратных ВКС сервисы мгновенных сообщений (чат). Обмен небольшими сообщениями в этом случае проводится другими программами (например, *Google Talk*, *Skype* и др.). Календарь расписания конференций также отсутствует, но для этих целей можно применять *Google* Календарь или другие сервисы планирования. Необходимость использования различных дополнительных сервисов для проведения конференции, несомненно, относится к их недостаткам.

Для проведения *online* трансляции или записи конференции, необходимых при проведении публичных лекций, требуются дополнительные специализированные серверы, например *Polycom RSS 4000* [13] и др.

Вместе с тем, аппаратные системы ВКС обеспечивают большой перечень дополнительного оборудования для обустройства аудитории видеоконференции. Среди исследованных систем именно они гарантируют наибольшую гибкость и полноту, а также обеспечивают высокое качество изображения. Применение специализированного оборудования (документ-камера, цифровая «белая доска»), а также видеокамер, поддерживающих дистанционное управление или автоматическое отслеживание докладчика, существенно повышают качество докладов и лекций.

**AccessGrid.** Вместе с тем, упомянутый в начале работы инструментарий [4, 5] для создания средств аудиовизуального общения специализирован под задачу организации конференций в рамках рабочей группы, заседания и

обучения. Однако, как увидим далее, его реализация под силу только крупным коллективам и, кроме того, имеет ряд особенностей, сдерживающих его широкое применение.

Рассмотрим *AccessGrid*. Это специализированная распределенная (*Grid*) среда для объединения работы научных коллективов из разных уголков мира. Разработка системы ведется в Аргоннской национальной лаборатории (Чикаго) [14].

*Grid* – согласованная, открытая и стандартизованная среда, обеспечивающая гибкое, безопасное, скоординированное разделение ресурсов в рамках виртуальной организации. В работе [15] приведен «список критериев», в соответствии с которыми *Grid* – система, которая:

- координирует использование ресурсов в отсутствие 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; строится на базе многоцелевых протоколов и интерфейсов, позволяющих решать такие фундаментальные задачи как аутентификация, авторизация, обнаружение ресурсов и доступ к ним;

- обеспечивает нетривиальным образом высокое качество обслуживания; позволяет использовать ресурсы, входящие в его состав таким образом, чтобы обеспечивать высокое качество обслуживания. Это касается, например, таких параметров, как время отклика, пропускная способность, доступность и надежность. Обеспечивает также совместное распределение ресурсов для удовлетворения потребностей пользователей так, что польза распределенной (комбинированной) системы значительно выше, чем сумма ее отдельных частей.

В противном случае, утверждается в [15], 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* [16] изображена на рис. 3.

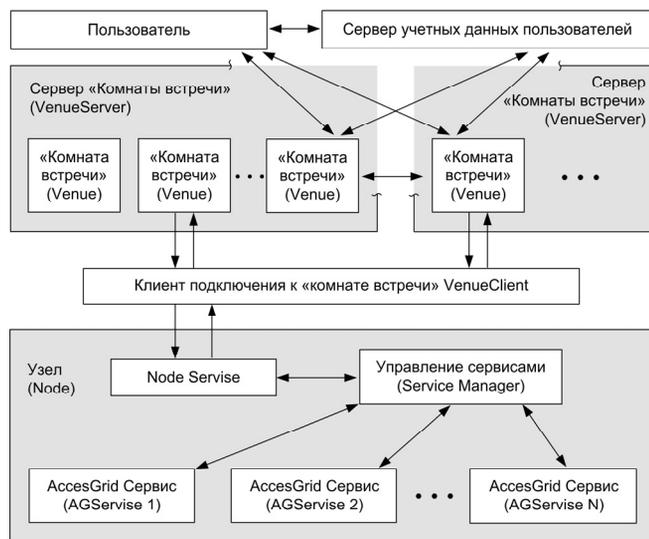


Рис. 3

Как 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 ним, пользователь системы может попасть в нужную ему комнату на любом сервере системы.

Чтобы переход пользователя с одного сервера на другой был «прозрачным», в системе применяется централизованная база пользователей на серверах Аргоннской национальной лаборатории, и обмен *SSL*-сертификатами между клиентом, серверами «встречи» и серверами учетных записей пользователей.

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

Дополнительные ресурсы в виртуальной комнате обеспечиваются конечными узлами (*Node*). К виртуальным комнатам конечные узлы подключаются клиентом (*Venue Client*), что позволяет разместить ресурсы конечных узлов на других серверах.

Конечными узлами также служат клиентские терминалы пользователей, которые транслируют аудио- и видеопотоки, и могут обеспечивать виртуальные комнаты ресурсами, кото-

рые пользователь хочет «опубликовать» в виртуальной комнате.

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

Преимущество *Grid*-системы – то, что она позволяет наращивать мощность и возможности системы простым добавлением серверов, а также программных модулей.

В публичном доступе есть библиотека готовых модулей. Для передачи видео- и аудиопотоков применяются модули *Vic* и *Rat*, которые поддерживают большой перечень камер, карт захвата видео, проекторов, а также веб-камер, которыми можно передавать видекартинку разного качества. Обмен мультимедиа информацией осуществляется, хотя и открытыми (особенность *Grid*), но специализированными протоколами. Совместимости со стандартизированными протоколами в настоящее время нет.

Посредством модуля *SharedPresentation* можно организовать показ презентаций, а с помощью *SharedDesktop* опубликовать рабочий стол ПК. Еще один полезный модуль – *SAGE (Scalable Adaptive Graphics Environment)*, с помощью которого можно построить большой презентационный мозаический монитор. Итак, 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. Вместе с тем, поддержка продолжается, о чем свидетельствуют регулярные создания бинарных пакетов для установки на новые релизы ОС.

Архитектура системы требует централизованной регистрации пользователей. Поэтому проведение публичных конференций затруднено. Учитывая, что система доступна в от-

крытых кодах, можно внести изменения в модуль авторизации, который будет учитывать требования к ВКС. Такие изменения были внесены, например, в г. Черноголовка (РАН) [17]. Однако доступ на другие серверы распределенной среды *AccessGrid*, для пользователей, которые обошли центральной сервер, становится невозможным.

Основное достоинство системы *AccessGrid* заключается 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.** Из них предпочтение следует отдавать системам с открытым кодом (*Open Source*). ПО с открытым кодом обладает рядом преимуществ в сравнении с проприетарными программными средствами в силу доступности кода для внедрения необходимых потребителю приложений или адаптации для нужд организации.

Из перечня распространенных программных систем ВКС было выделено две системы: *Open Meetings* [18] и *BigBlueButton* [19] (рис. 4); обе

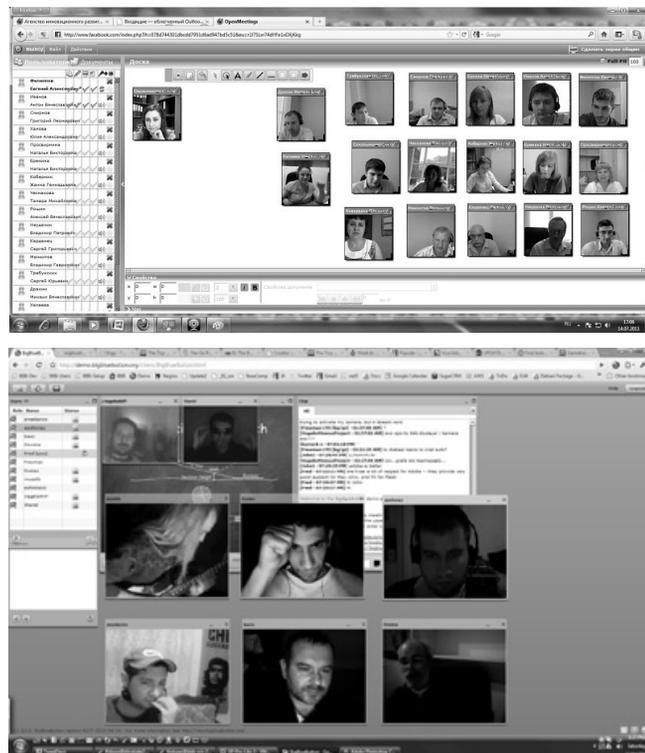


Рис. 4

обеспечивают проведение аудио- и видеоконференций в многоточечном режиме. Управление и доступ к видеоконференции осуществляется через *web*-интерфейс.

Система веб-конференций *Open Meetings* распространяется по лицензии *Apache License*, а *BigBlueButton* – по *GNU General Public License* и принята в проект *Google Summer of Code*. Обе системы можно получить как в программном коде, так и в виде пакетов для установки на большинство распространенных *Linux*-дистрибутивов, а также под *Windows*. Доступен *Ubuntu*-образ виртуальной машины (ВМ) *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. Однако в работе [20] приведена русскоязычная документация с подробным освещением организации конференцсвязи.

Оба проекта активно развиваются: последняя стабильная версия *Open Meetings 3.0.2* (от 04.06.2014) и *BigBlueButton-0.81* (октябрь 2013 г.). Системы имеют практически одинаковые минимальные требования к физическому серверу: двухъядерный *CPU* с частотой 2 ГГц и 4 Гб ОЗУ. Объем жесткого диска следует выбирать с учетом необходимого места для записи материалов конференций.

Анализ этих программных систем видеоконференцсвязи под углом зрения выдвинутых требований показывает, что основное различие между *Open Meetings* и *BigBlueButton* состоит в отсутствии в последнем интерфейса администрирования, однако система имеет *API*, который позволяет подключать сторонние приложения (*Wordpress, Moodle, Joomla, Drupal* и др.) или разработать уникальный, наиболее адаптированный к потребностям пользователя. В *Open Meetings* наоборот, присутствует развитый интерфейс администрирования и пользователя с календарем и *e-mail*-напоминаниями о проведении конференций.

В обеих системах ВКС реализована авторизация 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.

Существенная особенность обеих систем – для подключения клиентов к серверу устанавливать дополнительное ПО не обязательно: используется веб-браузер с плагином поддержки технологии *Adobe Flash*. Соединение с сервером происходит по протоколам *HTTP* и *RTMP*. Системы имеют возможность использования интерактивной доски (см. рис. 2), импорта в конференцию документов различных 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*. Возможно транслировать рабочий стол ПК с демонстрацией работы различных программ и чтения *web*-страниц. Программные средства интерактивной доски имеют достаточную функциональность для проведения как конференций в пределах рабочей группы, так и для демонстрации дополнительных материалов докладчика в режиме заседаний и лектора в режиме обучения. Помимо прочего предусмотрен обмен текстовыми сообщениями в окне чата (частный и публичный), а в системе *BigBlueButton*, в случае, если в конференции участвуют лица, владеющие различными языками, имеется автоматический перевод сообщений.

Для обустройства групповых терминалов можно использовать несколько веб-камер.

Подключение цифровой «белой доски» и полноценная работа с ней стала возможной в последней версии *BigBlueButton*. Подключение документ-камеры или другого оборудования, скорее всего, невозможно, – авторам не удалось найти примеров подобных решений.

Еще один недостаток – небольшое разрешенное видеоразрешение: 640×480 или 320×240. Одна-

ко 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.

Несомненное преимущество – нелимитированное количество присоединившихся пользователей, количество которых определяется мощностью сервера.

Предусмотрена возможность записи и последующего просмотра конференций.

Требования к пропускной способности сети также определены на сайтах разработчика, каждое подключение к серверу требует 256 Кбит/с. Хотя клиент может выбирать подключение с более низким качеством, требующее меньшей пропускной способности канала – 160 Кбит/с.

Преимущества и недостатки разного рода систем ВКС сведены в таблицу.

Преимущества и недостатки разного рода систем ВКС

| Требования к системам видеоконференцсвязи           | Вид ВКС    |             |                    |
|---|------------|-------------|--------------------|
|   | аппаратные | программные | специализированные |
| Организация связи в пределах рабочей группы         | +/-        | +           | +                  |
| Проведение заседаний научных коллективов            | +          | +           | +                  |
| Организация дистанционного обучения                 | +          | +/-         | -                  |
| Надежность системы                                  | +          | +/-         | +/-                |
| 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 чата                  | -          | +           | +                  |
| Планирование проведения конференций                 | -          | +           | +/-                |
| Работа системы с различными мультимедиа-протоколами | -          | +/-         | -                  |
| Разнообразие дополнительного оборудования           | +          | -           | +/-                |
| Адаптивность системы                                | -          | +           | +                  |
| Цена внедрения                                      | -          | +           | +                  |

В отличие от аппаратных систем ВКС, предоставляющих комплексные решения, качественное использование *Open Meetings* и *BigBlueButton* требует определения оптимальных

параметров оборудования сервера и производительности сетевой инфраструктуры. Для получения количественных оценок был проведен ряд тестов.

Установка *Open Meetings* и *BigBlueButton* – непростая задача. Во-первых, для распространенных дистрибутивов не существует стандартных инсталляционных пакетов. Во-вторых, обе системы требуют большого количества дополнительных библиотек и программ. Для проведения тестов с *BigBlueButton* авторы использовали доступный *Ubuntu* образ *VM VMware*. Установка и запуск образа *VM* прошел успешно – получить тестовую систему удалось с минимальными затратами.

Для тестирования ВКС *Open Meetings* была установлена на физический сервер с процессором *Intel Core i5*, 16 Гб ОЗУ и предустановленной ОС *OpenSuse Linux*. Дальнейшее развертывание *Open Meetings* 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 устанавливаться из исходных кодов в предназначенную для этого директорию */opt*.

Следующий шаг – установка необходимых для работы *Open Meetings* программ и библиотек (рис. 5). Их список можно найти на офици-

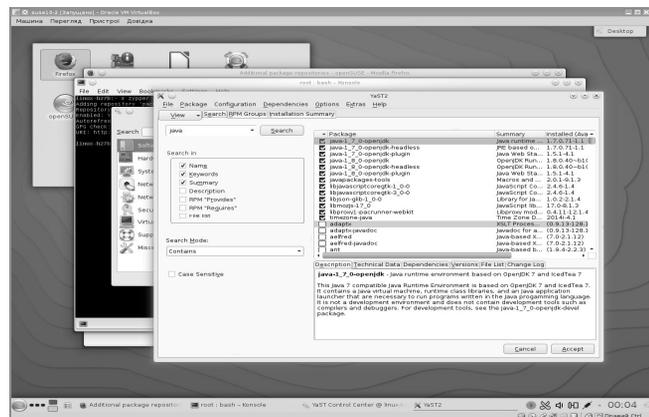


Рис. 5

альном 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*.

*Open Meetings* был загружен с официальной страницы и распакован в директорию */opt/openmeetings*. Непосредственный запуск сервера осуществляется с помощью скрипта *red5.sh* из директории установки. Дальнейшая установка и настройка происходит с помощью браузера по адресу <http://localhost:5080/openmeetings/install> (рис. 6). Заполнив поля: имя, пароль и адрес электронной почты администратора, а также путь к *JODConverter*, нажимаем на кнопку *Install*. После достаточно продолжительной инсталляции появляется сообщение, что сервер готов к работе (рис. 6).

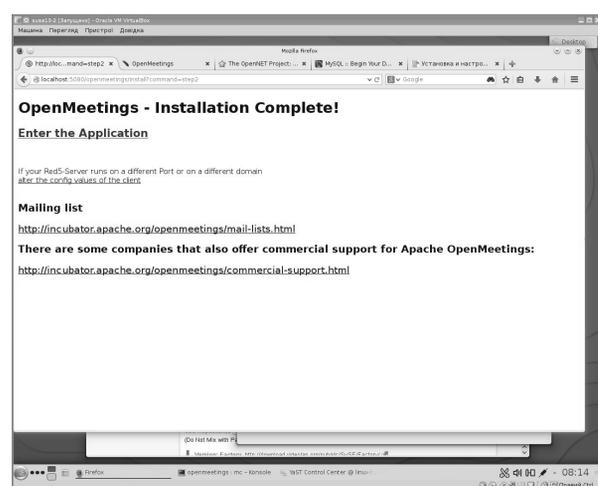
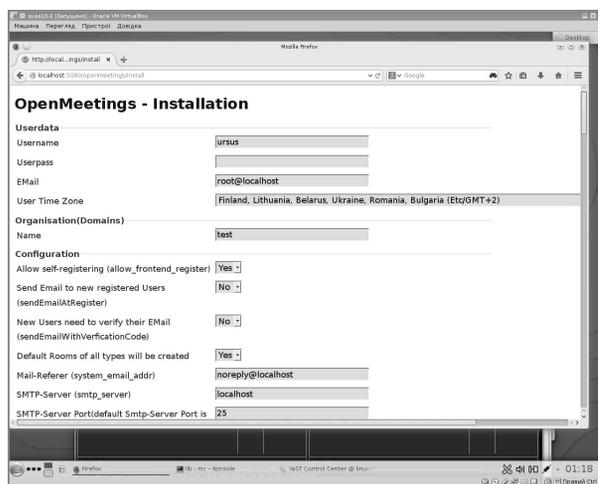


Рис. 6

С установленной системой были проведены эксперименты и получены количественные оценки производительности сервера и пропу-

ской способности канала связи. Притом следует отметить небольшие требования системы по параметрам физического сервера, так при проведении конференции с участниками не более 10 человек средняя загрузка *CPU* была не выше 0,7 процента, а потребляемая память ОЗУ не превышала 2 Гб.

Для исследования трафика на стороне сервера ВКС проведены тесты следующих условий: создана конференция в режиме рабочей группы в одной виртуальной комнате, полоса пропускания для одного подключения к серверу – 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. Расчет необходимого значения  $BW_{серв.}$  ВКС *Open Meetings* для приведенных условий выполняется по формуле:

$$BW_{серв.} = 256 * U^2,$$

где  $U$  – число пользователей конференции.

Алгоритм расчета полосы пропускания для ВКС *BigBlueButton* опубликованы в документации проекта [21].

Фактический трафик, измеренный на сетевом интерфейсе сервера и расчетный трафик, получаемый при проведении тестовой конференции *Open Meetings* (до четырех пользователей) изображены на рис. 7.

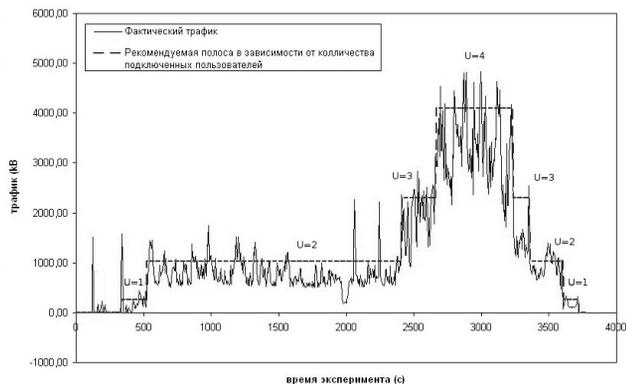


Рис. 7

Важный фактор на этапе предпроектного решения, влияющий на качество работы систем ВКС, – оценка пропускной способности каналов связи. В результате проведенного эксперимента подтверждена возможность практического использования приведенного выражения для полосы пропускания сервера ВКС.

**Заключение.** На основе анализа современных аспектов научной и научно-учебной деятельности коллективов рассмотрены и сформулированы требования к системам видеоконференцсвязи как к наиболее оптимальным средствам коммуникации в исследованиях и моделях 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 докладчика.

При насущной необходимости обеспечить высокое качество изображения (*HD* или *FullHD*) скорее всего, следует прибегнуть к аппаратному решению системы ВКС известных фирм. Однако необходимо тщательное изучение вопроса, сможет ли существующая компьютерная сеть позволить комфортное использование таких систем.

Особый интерес вызывает специализированное решение *AccessGrid*, объединяющей 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, а также обучение в рамках научно-учебной организации. Помимо этого она достаточно ресурсоемкая и требует значительных вложений, что под силу крупным научным объединениям.

1. Гриценко В.И. Информационно-коммуникационные технологии в образовании для всех – в ракурсе проблем общества знаний. – К.: Академперіодика, 2007. – 28 с.
2. Гриценко В.И. Фундаментальные проблемы E-обучения. – К.: Академперіодика, 2008. – 38 с.
3. Шур Л.Н. Роль инфокоммуникационных технологий в развитии процесса глобализации научных ис-

- следований. – <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/9d6d5000a3f1542f44257abd002c409b>
4. Access Grid Developer Tutorial. – <http://www.access-grid.org/developer/Services>
  5. *Средство* общения виртуальных коллективов *Access-Grid* – реализация для научных семинаров и рабочих групп / Л.Н. Щур, С.А. Крашаков, А.Ю. Меньшутин и др. – <http://rcdl.ru/doc/2010/519-523.pdf>
  6. Real-Time Messaging Protocol (RTMP) specification. – <http://www.adobe.com/devnet/rtmp.html>
  7. Bring Your Own Device: The Results and the Future. – <https://www.gartner.com/doc/2730217>
  8. *Каспро-Леон Э.* Консьюмеризация в экосистеме сервисов // Открытые системы. – 2014. – № 9. – С. 26–29.
  9. Unified Communications Working Group. – <http://www.imtc.org/uc/>
  10. MERA Unified Communications. – <http://www.meranetworks.com/competences/enterprise/uc>
  11. Elastix home page. – <http://www.elastix.org/index.php/en/>
  12. Avaya Scopia® Desktop and Mobile Applications. – <http://www.avaya.com/usa/product/avaya-scopia-desktop-and-mobile-applications>
  13. Polycom RSS 400: устройство для записи видеоконференций. – <http://www.polycom.com.ru/products-services/realpresence-platform/video-content-management/realpresence-capture-series/rss-4000.html>

14. AccessGrid Project home page. – <http://www.access-grid.org/>
15. Foster I. What is the Grid? A Three Point Checklist. – <http://www.mcs.anl.gov/~itf/Articles/WhatIsTheGrid.pdf>
16. Access Grid Developer Tutorial. – <http://www.access-grid.org/developer/Services>
17. *Средство* общения виртуальных коллективов *Access-Grid* – реализация для научных семинаров и рабочих групп / Щур Л.Н., Крашаков С.А., Меньшутин А.Ю. и др. – <http://rcdl.ru/doc/2010/519-523.pdf>
18. Open Meetings Project home page. – <http://openmeetings.apache.org>
19. BigBlueButton Project home page. – <http://bigbluebutton.org>
20. Иванов В.К. Организация видеоконференций на платформе BigBlueButton // Тверск. гос. техн. ун-т. – 2012. – 14 с. – <http://cdokp.tstu.tver.ru/site/services/download.aspx?act=1&dbid=marcmain&did=87897>
21. BigBlueButton Frequently Asked Questions: Bandwidth Requirements. – [https://code.google.com/p/bigbluebutton/wiki/FAQ#Bandwidth\\_Requirements](https://code.google.com/p/bigbluebutton/wiki/FAQ#Bandwidth_Requirements)

Поступила 16.01.2015  
Тел. для справок: +38 044 526-4159 (Киев)  
E-mail: [aleksei@irtc.org.ua](mailto:aleksei@irtc.org.ua); [vtochilin@gmail.com](mailto:vtochilin@gmail.com)  
© В.В. Точилин, А.А. Урсатьев, 2015

Окончание статьи О.Г. Прончевой

В данной статье показана возможность *объективного* построения моделей мировой динамики с переменными Форрестера, которые обеспечивают *количественный* прогноз этих переменных и свободны от указанного субъективизма. Эта возможность реализована благодаря применению алгоритмов МГУА. Среди всех построенных моделей была выбрана лучшая модель с учетом ее прогнозных свойств.

**Заключение.** В результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

- реальную динамику переменных Форрестера наилучшим образом приближает нелинейная разностная модель, полученная с применением техники индуктивного моделирования и содержащая нецелые и обратные степени переменных, а также их попарные произведения, но не включающая время;

- по прогнозным данным, в ближайшие 15 лет население продолжит расти в прежнем темпе, замедлится рост основных фондов, доля фондов в сельском хозяйстве выйдет на стационарный

уровень, загрязнение продолжит возрастать, а природные ресурсы будут последовательно уменьшаться с каждым годом.

1. Forrester J. World Dynamics. – Productivity Press Inc., 2nd edition, 1979. – 142 p.
2. Toward Global Equilibrium: Collected Papers / M. Donella, D. Meadows, D. Meadows et al. – Productivity Press Inc., 1973. – 358 p.
3. Егоров В.А., Калустов Ю.Н., Митрофанов В.Б. Математические модели глобального развития: критический анализ моделей природопользования. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 192 с.
4. Матросов В.М., Матросов И.В. Математические модели глобального развития – М.: Academia, МГУК, 1999. – С. 18–24.
5. Ивахненко А.Г., Степанко В.С. Помехоустойчивость моделирования. – Киев: Наук. думка, 1985. – 216 с.
6. Madala H., Ivakhnenko A. Inductive learning algorithms for complex systems modeling. – London–Tokyo: CRC Press Ink., 1994. – 396 p.

Поступила 24.04.2015  
Тел. для справок: +38 044 526-3028 (Киев)  
© О.Г. Прончева, 2015