УДК 004.451.4:004.451.7.031.43

Станко П. А., аспирант (Тел.: +380 (67) 441 25 40. E-mail: p_stanko@ukr.net)
(Национальный авиационный университет, г. Киев)

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ КОЛЛЕКТИВНОЙ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Станко П. О. Методи і технології організації колективної розробки програмного забезпечення. У роботі проведений аналіз ефективності системи полінгу, яку доцільно використовувати для обслуговування процесів поточного обміну даними при організації колективної розробки програмного забезпечення та передавання через віртуальну приватну мережу. За наслідками аналізу процесів опиту в системі полінгу встановлено, що вибір найбільш прийнятного порядку опиту елементів мережі зберігання залежить від об'єму запрошуваного пакету даних, тобто від довжини черги запитів. Іншими словами, цей вибір визначається видом розподілу даних по окремих елементах сховища даних. Як інформативні параметри для вибору порядку опитування і інтенсивності обслуговування конкретної черги запропоновано використовувати комплексний показник – функцію довжини черги і швидкості її зростання або убування. Окреслені шляхи подальших досліджень, направлені на оцінку статистичної залежності якості розроблюваного програмного забезпечення від якості послуг зв'язку, що надаються через віртуальну приватну мережу із застосуванням систем полінгу.

Ключові слова: віртуальна приватна мережа, VPN, система полінгу, програмне забезпечення, черга, динаміка зміни довжини черги

Станко П. А. Методы и технологии организации коллективной разработки программного обеспечения. В работе проведен анализ эффективности системы поллинга, которую целесообразно использовать для обслуживания процессов текущего обмена данными при организации коллективной разработки программного обеспечения и передачи через виртуальную частную сеть. По результатам анализа процессов опроса в системе поллинга установлено, что выбор наиболее приемлемого порядка опроса элементов сети зависит от объема запрашиваемого пакета данных, т.е. от длины очереди запросов. Этот выбор определяется видом распределения данных по отдельным элементам сети. В качестве информативных параметров для выбора порядка опроса и интенсивности обслуживания конкретной очереди предложено использовать комплексный показатель – функцию длины очереди и скорости ее роста или убывания. Очерчены пути дальнейших исследований, направленные на оценку статистической зависимости качества разрабатываемого программного обеспечения от качества услуг связи, предоставляемых через виртуальную частную сеть с применением систем поллинга.

Ключевые слова: виртуальная частная сеть, VPN, система поллинга, программное обеспечение, очередь, динамика изменения длины очереди

1. Введение

Разработка корпоративного программного обеспечения является сложной и многоплановой задачей, к которой необходим системный подход. Приложения масштаба предприятия состоят из множества программных слоев и сервисов. Разработка подобного продукта требует больших усилий, а сам продукт должен отвечать более высоким стандартам, чем это требовалось еще несколько лет назад.

Программное обеспечение предприятия регионального или транснационального масштаба состоит из значительно большего числа самостоятельных компонентов, чем для предприятия, сосредоточенного на одной производственной площадке. Региональное распределение команд разработчиков программного обеспечения на сегодняшний день не является препятствием для эффективной реализации проектов. Однако существуют проблемы, связанные с организацией доступа к проектным данным, а именно экономичный, надежный и безопасный способ конфиденциального обмена информацией. Кроме того, открытыми остаются проблемы упорядочения опроса клиентов для достижения требуемых показателей скорости доступа при гарантированной безопасности обмена данными.

В данной статье сделана попытка восполнить этот пробел с применением методов упорядоченного опроса (поллинга) [1, 2].

2. Виртуальные частные сети (*VPN*)

Для обеспечения эффективного взаимодействия команды можно, конечно, использовать Internet. Однако связь через Internet имеет свои недостатки, главным из которых является то, что она подвержена потенциальным нарушениям защиты и конфиденциальности. Передавая данные через Интернет, никогда нельзя быть уверенным в отсутствии несанкционированного доступа (НСД) к информации. Зачастую важность защиты конфиденциальной информации осознается только на горьком опыте ее утечки, когда компании несут большие затраты при попадании ключевых данных третьим лицам.

Виртуальные частные сети (в английской аббревиатуре *VPN*) – это способ конфиденциальной связи между компаниями, их клиентами, отдельными подразделениями предприятия, удаленными сотрудниками и центральным офисом. Раньше связь в полном объеме между сотрудниками одной фирмы была ограничена лишь небольшими внутренними корпоративными сетями, которые не были связаны между собой или были связаны через сеть Интернет. Сейчас, благодаря *VPN*, таких границ не существует. При этом уровень безопасности остается высоким, а цена за такие соединения доступной.

Благодаря надежному шифрованию трафика между отправителем и получателем технология *VPN* позволяет обеспечить как целостность передаваемой информации, невозможность ее «осмысленной» модификации, так и конфиденциальность. Иными словами, реализуется невозможность получения несанкционированного доступа третьими лицами к защищаемой информации. Собственные каналы связи могут позволить себе немногие компании, поэтому *VPN* – единственная возможность создать защищенный канал между филиалами поверх публичных сетей. С помощью этой технологии можно решить вопросы криптографической защиты трафика, реализовать удаленный доступ с гарантией защиты передаваемой информации, обеспечить авторизацию средствами различных протоколов, создать распределенную инфраструктуру компании без прокладки физических сетей.

Защита всегда должна быть оправданной, будь то финансовая сторона вопроса или удобство использования, быстрота развертывания. Выбором всегда требует взвесить все за и против. В первую очередь необходимо четко поставить задачу – что необходимо, зачем и сколько денег целесообразно на это потратить. Экономить на защите неправильно в корне, но и покупать самое новое устройство для каждой задачи тоже нецелесообразно. Рынок *VPN*-решений переполнен различными предложениями, не проходит и дня без анонса нового продукта какой-нибудь компании, и сделать правильный выбор становится все сложнее.

Рассмотрим компанию, собирающуюся открыть региональные офисы или предоставить деловым партнерам доступ к некоторому сегменту своей корпоративной сети. Многие в такой ситуации соединяют свои офисы с помощью линий T1/E1 и платят за них тысячи долларов в месяц. А если нужна пропускная способность, превышающая возможности такой линии или если требуется связать международные офисы, это обходится еще дороже линий T1/E1. Вариант «Intranet *VPN*»– позволяет объединить в единую защищенную сеть несколько распределенных филиалов одной организации, взаимодействующих по открытым каналам связи, используя IP сеть оператора или сеть Internet. Именно этот вариант получил широкое распространение во всем мире, и именно его в первую очередь стоит реализовать компаниям-разработчикам ПО. Эта технология использует методы IP-туннелирования такие как GRE, L2TP (Layer 2 Tunnelling Protocol) или IPSec (IP Security). Эти туннели устанавливаются между офисными маршрутизаторами для создания между офисами виртуальных соединений. Для повышения безопасности, данные в виртуальном канале шифруются (Рис.1).

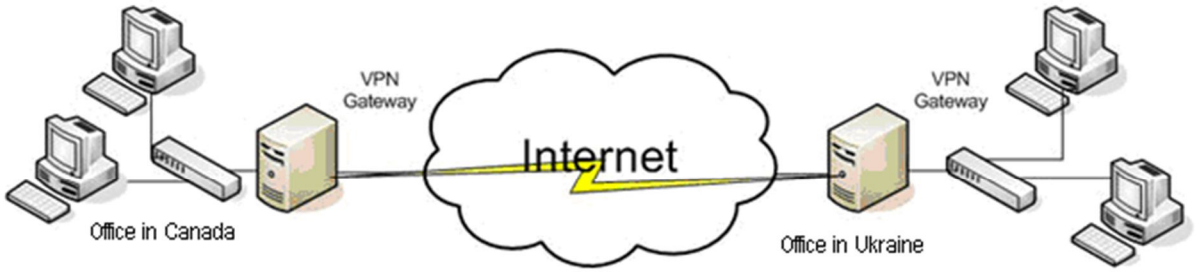

Рис. 1. Intranet *VPN*

Другим вариантом виртуальной частной сети является «Remote Access *VPN*» (Рис. 2). Именно эта виртуальная сеть позволяет мобильным пользователям получать доступ к корпоративной сети своей компании.

Remote Access *VPN* реализует защищенное взаимодействие между сегментом корпоративной сети (центральным офисом или филиалом) и одиночным пользователем (разработчиком программного обеспечения), который подключается к корпоративным ресурсам из дома (домашний пользователь) или через мобильный терминал (мобильный пользователь).

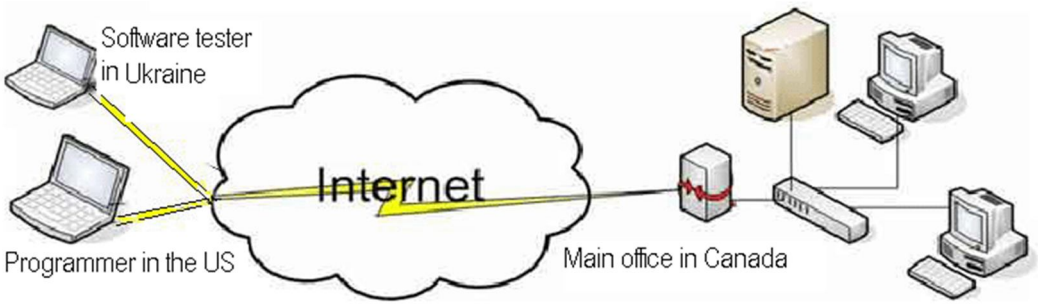

Рис. 2. Remote Access *VPN*

Данный вариант отличается от первого тем, что удаленный пользователь, как правило, не имеет статического адреса, и он подключается к защищаемому ресурсу не через выделенное устройство *VPN*, а напрямую со своего компьютера, на котором и устанавливается программное обеспечение, реализующее функции *VPN*. Компонент *VPN* для удаленного пользователя может быть выполнен в программном или в программно-аппаратном виде.

В первом случае программное обеспечение может быть как встроенным в операционную систему, так и разработанным специально. Во втором случае для реализации *VPN* используются небольшие устройства класса SOHO, которые не требуют серьезной настройки и могут быть использованы даже неквалифицированным персоналом. Такие устройства получают сейчас широкое распространение.

Последний вариант «Extranet *VPN*» предназначен для тех сетей, к которым подключаются так называемые пользователи "со стороны" (например, партнеры, заказчики, клиенты), уровень доверия к которым намного ниже, чем к своим сотрудникам (Рис. 3).

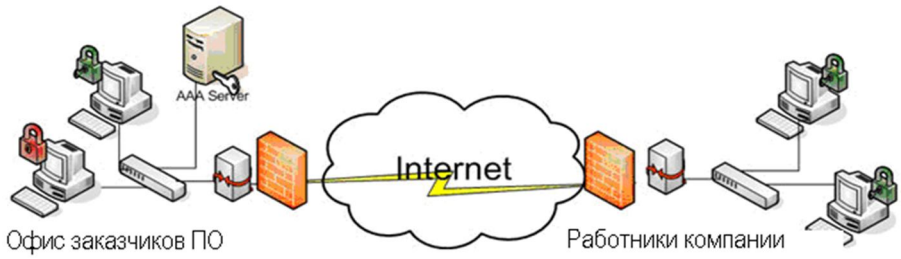

Рис. 3. Extranet *VPN*

3. Сравнительный анализ систем *VPN*

3.1. Типы систем *VPN*. Теперь, после обсуждения функционирования сетей *VPN*, рассмотрим непосредственное применение *VPN* внутри организации. Помимо вопросов, связанных с политикой и управлением, организации нужно выбрать тип приобретаемой системы *VPN*. На данный момент книги можно выделить три типа *VPN*-построителей:

- аппаратные системы;
- программные системы;
- веб-системы.

3.2. Аппаратные системы. Аппаратные системы *VPN*, как правило, базируются на аппаратной платформе, используемой в качестве *VPN*-сервера. На этой платформе выполняется программное обеспечение производителя (например, [3]), а также, возможно, некоторое специальное программное обеспечение, предназначенное для улучшения возможностей шифрования.

В большинстве случаев для построения *VPN* на системе удаленного пользователя необходимо наличие соответствующего программного обеспечения. Аппаратные платформы также могут использоваться для построения межузловых *VPN*, хотя это зависит от производителя оборудования.

Аппаратная система *VPN* имеет два преимущества.

1. *Скорость.* Оборудование, как правило, оптимизировано для поддержки *VPN*, посредством чего обеспечивается преимущество в скорости по сравнению с компьютерными системами общего назначения. За счет этого достигается возможность поддержки большего числа одновременных *VPN*-соединений.

2. *Безопасность.* Если аппаратная платформа специально разработана для приложения *VPN*, из ее системы удалены все лишние программы и процессы. За счет этого снижается степень подверженности атакам по сравнению с компьютерной системой общего назначения, в которой работают другие процессы. Это не значит, что компьютер общего назначения не может быть должным образом защищен. Как правило, использование компьютера общего назначения требует дополнительных усилий по настройке безопасности.

Тот факт, что *VPN* используется на базе аппаратной платформы, не означает, что система никогда не подвергнется атаке. Владелец системы должен регулярно проверять наличие обновлений, выпускаемых производителем системы.

3.3. Программные системы. Программные *VPN* работают на компьютерных системах общего назначения. Они могут быть установлены на выделенной для *VPN* системе либо совместно с другим программным обеспечением, таким как межсетевой экран. При загрузке программного обеспечения необходимо обеспечить достаточную мощность аппаратной платформы для поддержки *VPN*. Так как *VPN*-продукт устанавливается на компьютеры, имеющиеся в организации, руководство организации должно позаботиться о соответствии компьютеров предъявляемым требованиям.

Программные *VPN*-системы могут использоваться таким же образом, как и аппаратные системы. Существует программное обеспечение для поддержки пользовательских и узловых *VPN*.

При установке программного обеспечения *VPN* необходимо обеспечить соответствующую конфигурацию системы, а также устранить все уязвимости, установив нужные обновления.

3.4. Веб-системы. Главным недостатком большинства пользовательских систем *VPN* является потребность в установке программного обеспечения на систему-клиент. Бесспорно, что программное обеспечение, которое устанавливалось на клиентские системы, увеличивало объем работ по управлению пользовательскими *VPN*. Более того, клиентское программное обеспечение во многих случаях не работало должным образом с некоторыми приложениями, загруженными на компьютер-клиент. Это обстоятельство повышало стоимость поддержки и приводило к тому, что многие организации стали устанавливать на специально выделенные компьютеры только программное обеспечение *VPN*.

Указанные проблемы привели к тому, что некоторые производители *VPN* стали рассматривать веб-браузеры в качестве *VPN*-клиентов и реализовывать этот подход на практике. Он заключается в том, что пользователь с помощью браузера подключается к *VPN* через SSL. SSL обеспечивает шифрование трафика, а подтверждение подлинности пользователя выполняется с помощью средств аутентификации, встроенных в систему. Для предоставления пользователю необходимых услуг используется несколько различных механизмов. Среди них можно выделить надстройки браузера и виртуальные машины Java.

В то время как стоимость поддержки и обслуживания несомненно ниже, на данный момент ни одна из бесклиентных систем *VPN* не обеспечивает полную функциональность. Этим сетям *VPN* присущи ограничения, заключающиеся в наборе используемых приложений и методе подключения пользователей к внутренним системам. Организациям следует рассматривать вариант использования таких систем, так как это снижает затраты на обслуживание, однако необходимо учитывать непосредственные требования пользователей и согласовать их с ограничениями, имеющимися в системах.

3.5. Сравнительный анализ типов *VPN*. Обобщенные сравнительные оценки различных типов *VPN* можно получить по критерию «эффективность-стоимость».

На рис. 4 изображены графики предварительного анализа эффективности в зависимости от числа терминальных узлов сети. Видно, что для крупных предприятий и организаций программные системы имеют преимущества по выбранному критерию.

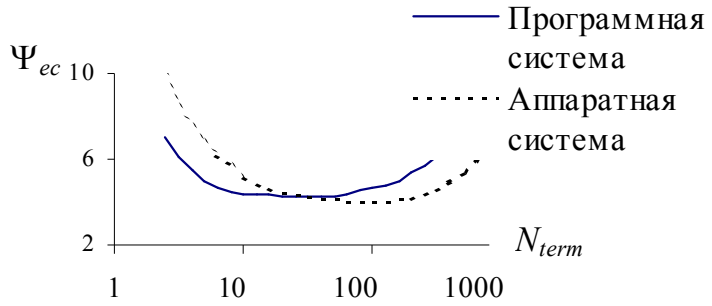

Рис. 4. Зависимость относительной эффективности ψ_{ec} типа *VPN* от числа терминальных узлов

При анализе не рассматривался вариант веб-системы, поскольку, хотя его общая стоимость ниже, но функциональность существенно ограничена. Для сетей масштаба предприятия, которые должны работать в реальном времени при больших перепадах вычислительной нагрузки, веб-системы могут рассматриваться только в качестве вспомогательных.

4. Характеристики поллинга в виртуальных частных сетях

Виртуальная частная сеть представляет собой инструмент удобного и эффективного (с минимальными потерями и задержками данных) взаимодействия коллектива программистов, однако и ее пределы пропускной способности не безграничны. При обмене ресурсоемкими приложениями типа потокового видео или видео-конференц-связи в сетевой системе с аппаратными прерываниями большой процент времени и ресурса тратится на двойное (вход+выход) переключение контекста, что требует достаточно большого количества тактов.

При попытках же обрабатывать за одно прерывание несколько пакетов возникают проблемы буферизации и вытекающих из этого дополнительных задержек при обмене данными. Более того, при удешевлении устройств памяти возник соблазн увеличивать объем буферов везде, где это возможно. Однако это привело к обратному эффекту.

При объеме буферной памяти порядка мегабайт время ожидания в очереди стало достигать единиц секунд. При таком увеличении задержек доставки данных растут потери пакетов из-за превышения времени жизни [5, 6].

Перспективным выходом из сложившейся ситуации в рассматриваемой задаче является переход от механизма прерываний к упорядоченному опросу (поллингу). В процессе опроса для обеспечения быстрого инициирования сеансов связи с отдельными узлами корпоративной сети целесообразно применять протокол *SIP* [4]. Порядок опроса очередей определяется правилом выбора сервером следующей очереди. Наиболее распространенные виды порядка опроса [2, 3]:

- циклический – установлена последовательность прохода очередей;
- периодический – опрос осуществляется на основе таблицы поллинга;
- случайный;
- приоритетный.

Модель системы поллинга для виртуальной частной сети, объединяющей команду программистов, описывается следующим образом.

Система имеет один обслуживающий прибор и N $(N \geq 2)$ очередей. Каждый из N буферов имеет ограниченный объем памяти в L ячеек. Заявки поступают в общем нестационарном входном потоке. В *i*-ю очередь поступает нестационарный поток заявок с функцией распределения $f_i(t)$ и мгновенной интенсивностью $\lambda_i(t)$. Максимальное число заявок на интервале наблюдения T_s равно M_i, причем $L > M_i$, $i = \overline{1, N}$.

При опросе *i*-го элемента сети хранения обслуживается $f_i(n) \leq M_i$ заявок. Считаем, что времена обслуживания τ_{si} заявок в очереди независимы и одинаково распределены с функцией распределения $w_i(t)$, которая является непрерывной и дифференцируемой, с математическим ожиданием

$$m_i = \int_0^\infty t dw_i(t)$$

и вторым начальным моментом

$$\sigma_i^2 = \int_0^\infty t^2 dw_i(t).$$

Интеграл понимается в смысле Стилтьеса. Предполагается, что потоки заявок и длительности обслуживания заявок представляют собой взаимно независимые процессы.

Сервер посещает очереди, следуя выбранному порядку опроса и обслуживая их в соответствии с выбранной дисциплиной. Время подключения к очереди τ_{qi} – случайная величина с плотностью распределения $\nu_{qi}(t)$, математическим ожиданием m_{qi} и вторым начальным моментом σ_{qi}^2.

За время $[t_i \ldots t_i + \tau]$ обслуживания m-го элемента может быть отправлено $\psi_m(l_m)$ наборов данных. l_m – длина очереди в момент t_i, ψ_m – дисциплина обслуживания (циклическое, периодическое на основе таблицы поллинга, по случайному закону, с приоритетами). Вероятность обслуживания ровно k запросов на интервале τ обозначим $p_{\tau k}$.

Сформулируем условия, которым должны удовлетворять дисциплины обслуживания.

Если в момент поступления запроса на m-й элемент в очереди уже находится $l_m - 1$ запросов, они обслуживаются в соответствии с дисциплиной *FIFO* (первый пришел – первый вышел) или *FIFO* с приоритетами. Обслуженные запросы покидают систему. Затем происходит переход на запрос к следующему элементу. Считается, что всегда выполняются следующие условия:

$$\psi_m(1) = 1 \text{ с вероятностью } p_{\tau 1} = 1;$$

$$\psi_m(l_m) \leq l_m \text{ с вероятностью } p_{\tau m} < 1.$$

Системы поллинга как системы упорядоченного опроса, по существу, представляют собой специальные системы массового обслуживания с приоритетами. Однако для назначения приоритета запросу (или группе запросов) необходимо учитывать не только класс запроса, но и среднее время пребывания запросов в системе.

Для нахождения среднего времени ожидания чаще всего используется взвешенная сумма средних времен ожидания $T_{\Sigma w}$, под которой будем понимать величину

$$T_{\Sigma w} = \sum_{k=1}^{N} \rho_k \hat{t}_k \,, \tag{1}$$

где $\rho_k = \lambda_k(t) \cdot t_{sk}$, t_{sk} – среднее время обслуживания запросов в *k*-й очереди;

$\hat{t}_k = T_{k\Sigma} + (N-1)t_{sk}$ – среднее время ожидания в *k*-й очереди, равное сумме средних времен переключений $T_{k\Sigma}$ и суммарному среднему времени обслуживания запросов в других очередях, равному $(N-1)t_{sk}$.

Здесь предполагается, что по умолчанию запросы обслуживаются в соответствии с дисциплиной «первый пришел – первый обслужен» (*FCFS – First Come*, *First Served*).

Без потери общности можно считать, что процессы формирования очередей в системе и процессы обслуживания являются стохастически эквивалентными, т.е. имеющими одинаковые характеристики, стационарные или нестационарные. В этом смысле система поллинга является статистически однородной.

Пусть мгновенная длительность *k*-й очереди равна $m_k(t)$ для непрерывной системы или $m_k(n)$, $n = 0,1,2,\ldots$ для дискретной системы поллинга. Соответственно, мгновенная скорость изменения длины очереди есть производная $\dot{m}_k(t)$ длины очереди для непрерывной системы. Для дискретной системы получаем конечную разность $\Delta m_k = m_k(n) - m_k(n-1)$.

Сформулируем задачу оптимизации среднего времени обслуживания запросов в сети *VPN*. Возьмем в качестве весовых коэффициентов эффективности c_k произведения средней длины *k*-й очереди на скорость ее роста:

$$c_k = \mathrm{E}\left[m_k(n)\right]\mathrm{E}\left(\Delta m_k\right), \tag{2}$$

где E – символ математического ожидания.

Таким образом, мы приходим к задаче минимизации функционала для аддитивной меры множества параметров системы поллинга:

$$\Psi\left(T_{\Sigma w}\right) = \Psi\left[N, L, \lambda_k, \varphi\left(\rho_k\right)\right] \to \min_{\mathbf{V}_\Psi} \sum_{k=1}^{N} c_k t_{sk} \,, \tag{3}$$

где $\mathbf{V}_\Psi^{\mathrm{T}} = \left[N, L, \lambda_k, \varphi\left(\rho_k\right)\right]$ – вектор параметров, по которым минимизируется функционал Ψ;

T – символ транспонирования.

Таким образом, минимизация функционала (3) теоретически сводится к нелинейной свертке критериев, в качестве которых используются весовые коэффициенты c_k. Частота обращений к той или иной очереди зависит от величин произведений (2). При росте числа объектов обслуживания ($N > 5\ldots6$) в сети *VPN*, функции распределения запросов в сети стремится к унимодальной, а в малой окрестности точки минимума функционала (3) возможна гауссовская аппроксимация и, как следствие, статистическая линеаризация задачи (3).

5. Выводы

Рассмотрены преимущества *VPN*, благодаря которым крупным общественным организациям и промышленным предприятиям целесообразно использовать технологию виртуальных частных сетей. Десятилетиями многие компании боролись со сложными

организационными проблемами в процессе роста и развития, оптимизации разработки программного обеспечения различного уровня сложности. Технологии виртуальных сетей в применении к корпоративным системам позволяют решить многие из них.

Проведен сравнительный анализ разных типов виртуальных сетей в зависимости от размера сети. Хотя по критерию «эффективность-стоимость» получен выигрыш при использовании программных систем, тем не менее, необходимо учитывать и другие факторы, проанализированные в работе. По-видимому, оптимальным вариантом будет комбинированная программно-аппаратная система, в которой объемы программной и аппаратной частей варьируются в зависимости от размера сети, а программно-аппаратные прерывания заменяются упорядоченным опросом – поллингом.

По результатам анализа процессов опроса в системе поллинга установлено, что выбор наиболее приемлемого порядка опроса элементов сети хранения зависит от объема запрашиваемого пакета данных. В свою очередь, объемом запрашиваемого пакета определяется длина очереди запросов. Другими словами, этот выбор определяется видом распределения данных по отдельным элементам хранилища данных. В качестве информативных параметров для выбора порядка опроса и интенсивности обслуживания конкретной очереди предложено использовать комплексный показатель длины очереди и скорости ее роста или убывания.

В дальнейшем планируется продолжить исследования в данном направлении, в частности, оценить статистическую зависимость качества разрабатываемого программного обеспечения от качества услуг связи, предоставляемых через *VPN* с применением систем поллинга.

Литература

1. Вишневский В. М. Математические методы исследования систем поллинга / В. М. Вишневский, О. В. Семенова // Автоматика и телемеханика. – 2006. – №2. – С. 3-56.

2. Вишневский В. М. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях / В. М. Вишневский, О. В. Семенова. – Москва : Техносфера, 2007. – 312 с.

3. Хандхаузен Р. Знакомство с Microsoft Visual Studio 2005 Team System / Р. Хандхаузен. – Санкт-Петербург : Питер, 2006. – 416 с.

4. Гольдштейн Б. С. Протокол SIP. Справочник / Б. С. Гольдштейн, А. А. Зарубин, В. В. Саморезов. – Санкт-Петербург : БХВ-Санкт-Петербург, 2005. – 456 стр.

5. Вишневский А. Сетевые технологии Windows 2000 для профессионалов – Санкт-Петербург : Питер, 2000. – 592 с.

6. Tanenbaum, A.S. Computer Networks, 5th Ed. / Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall. – Prentice Hall, Cloth, 2011. – 960 pp.

Дата надходження в редакцію: 06.05.2015 р. Рецензент: д.т.н., проф. М. А. Віноградов