

ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ IP-ТЕЛЕФОНИИ КРУПНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

THE PROGRAM PLATFORM FOR BUILDING CORPORATE IP-TELEPHONY SYSTEMS OF LARGE ORGANIZATIONS

Букатов Александр Алексеевич / Alexandre A. Bukatov,

к.т.н., доцент, доцент кафедры Информатики и вычислительного эксперимента Южного федерального университета / Ph.D., Associate professor of Informatics and computational experiment chair of Southern Federal University, baa@sfnedu.ru

Березовский Андрей Николаевич / Andrey N. Berezovsky,

главный программист отдела системной интеграции Департамента управления делами и информационных технологий Южного федерального университета / Vain programmer of IT department's system integration subdepartment of Southern Federal University, and@sfnedu.ru

Зайцев Николай Дмитриевич / Nikolay D. Zaitsev,

программист отдела системной интеграции Департамента управления делами и информационных технологий Южного федерального университета / programmer of IT department's system integration subdepartment of Southern Federal University, nick@sfnedu.ru

Аннотация

Рассматриваются разработанные авторами программная платформа и программный конструктор IP4TEL, предназначенные для построения высоко масштабируемых и высоко надежных систем IP-телефонии. Конструктор разработан на основе анализа существующих коммерческих и свободно распространяемых систем IP-телефонии, выполненного с учетом существующих проблем масштабирования этих систем. В статье рассматриваются архитектура IP4TEL, функциональные возможности и рекомендации по его применению для создания требуемых заказчику систем IP-телефонии.

Abstract

The program platform and corresponding framework IP4TEL intended for building corporate IP-telephony systems in large organizations are discussed. This framework has been developed on a base of analysis of existing commercial and open source IP-telephony systems, taking in to account the existing problem of systems scalability. The architecture of IP4TEL, his

capabilities and recommendation on implementation required to customer IP-telephony systems are discussed in the article.

Ключевые слова: IP-телефония, конструктор систем IP-телефонии, масштабируемость, балансирование нагрузки, безотказность, интероперабельность, открытые интерфейсы.

Keywords: IP-telephony, framework for IP-telephony systems, scalability, load balancing, fault tolerance, interoperability, open interfaces.

Введение

Известно, что использование систем корпоративной телефонии позволяет добиться существенного уменьшения удельных затрат на использование услуг телефонной связи. Это достигается как за счет исключения затрат на оплату внутренних вызовов (вызовов между телефонными аппаратами корпоративной системы телефонии), так и за счет оптимизации расходов на внешнюю телефонную связь. Расходы на внешнюю связь оптимизируются путем аренды пула телефон-

ных номеров и оптимизированного количества телефонных линий, получаемых у оператора связи в виде одного или нескольких интегрированных цифровых телефонных потоков, вместо аренды пула независимых телефонов (номеров с выделенными для каждого из них телефонными соединениями). Дополнительный способ экономии основан на рациональном выборе операторов междугородней и международной телефонной связи.

Суммарная экономия средств, выделяемых на оплату связи, будет тем выше, чем большее число телефонов входят в состав внутренней телефонной сети. Между тем, именно этим свойством (большим количеством телефонных номеров) обладают телефонные сети крупных образовательных учреждений. К числу таких учреждений относятся, в первую очередь, федеральные университеты (ФУ), национальные исследовательские университеты (НИУ), опорные университеты (ОУ) и некоторые другие образовательные учреждения. Общее число сотрудников и студентов каждого из таких университетов может составлять десятки тысяч человек. При этом тенденция к укрупнению организаций и учреждений путем слияния (или поглощения) нескольких ранее независимых организаций в одну новую организацию проявляется не только в отрасли образования, но и в ряде других отраслей, включая, например, телекоммуникационную отрасль.

Известно также, что в случае, если крупная организация (учреждение) располагает развитой телекоммуникационной сетью, подключающей к себе средствами структурированных кабельных систем (СКС) все компьютеры сотрудников (и студентов) этой организации, одним из наиболее эффективных способов создания системы корпоративной телефонии является создание ее на базе систем IP-телефонии. Очевидно, что большинство крупных образовательных учреждений (равно как и телекоммуникационные предприятия) располагают достаточно развитыми телекоммуникационными сетями. Однако, поскольку

упомянутые выше ФУ, НИУ и ОУ, как правило, созданы путем объединения нескольких ранее независимых вузов, корпоративные сети этих объединенных университетов зачастую недостаточно интегрированы. Вопросы, связанные с построением высоко интегрированных телекоммуникационных сетей объединенных университетов из разрозненных телекоммуникационных сетей объединяемых вузов рассмотрены, например, в [1].

Отметим, что системы IP-телефонии предоставляют ряд дополнительных функциональных возможностей по сравнению с системами обычной телефонии. В частности, они обеспечивают возможность установления и поддержания как аудио, так и видео соединений (с использованием соответствующих аппаратных и/или программных IP-телефонов). Эта возможность может быть использована совместно со средствами видеоконференцсвязи, например, для проведения учебных занятий, консультаций и других мероприятий в режиме распределенной виртуальной аудитории [2].

С учетом этого для повышения эффективности как образовательного процесса, так и процессов управления образовательной деятельностью возникает необходимость обеспечения подключения к корпоративной системе IP-телефонии образовательного учреждения большинства сотрудников и студентов этого учреждения. Таким образом, для крупных образовательных учреждений количество таких подключений может составлять десятки тысяч. При этом в периоды пиковых нагрузок количество одновременных телефонных соединений может достигать нескольких тысяч.

В связи с этим возникает нетривиальная проблема масштабируемости корпоративной системы IP-телефонии по количеству пользователей. Как показано ниже в настоящей статье, решение этой проблемы на базе существующих средств построения систем IP-телефонии, как на базе коммерческих, так и свободно распространяемых обладают определенными недостатками. Поэтому задача создания

программной платформы для построения высоко масштабируемых систем IP-телефонии крупных образовательных учреждений и иных крупных организаций является весьма актуальной. В настоящей статье рассматривается решение этой задачи, воплощенное в программной платформе IP4TEL [3].

1. Анализ существующих средств создания корпоративных систем IP-телефонии

Существующие средства построения систем IP-телефонии, обычно называемые термином IP-АТС (в англоязычной литературе – IP-PBX), естественным образом могут быть разбиты на 2 больших класса:

1) коммерческие аппаратно-программные комплексы;

2) свободно распространяемые программные IP-АТС, устанавливаемые на какой-либо серийной (аппаратной или виртуальной) серверной платформе.

Наиболее распространенными из коммерческих IP-АТС являются программно-аппаратные комплексы: Cisco Unified Communication Manager (CUCM) [4], Avaya Aura [5], IBM Sametime Unified Telephony [6], Microsoft Lync Server [7], Siemens OpenScape [8].

Указанные комплексы обеспечивают как выполнение основных управляющих функций в системе IP-телефонии (управление установлением и поддержание телефонных соединений), так и предоставление широкого ряда дополнительных функциональных возможностей. Однако все указанные комплексы являются весьма дорогими. Кроме того, возможности модернизации функционала этих комплексов (для обеспечения выполнения вновь возникающих потребностей) ограничены разработчиками, и каждое обновление и расширение функционала требует дополнительной оплаты. Особым недостатком комплексов указанного класса являются высокие затраты и сложности масштабирования по количеству пользователей систем IP-телефонии, построенных на базе данных

комплексов.

Что касается IP-АТС с открытым кодом, то в настоящее время наиболее широко применяемыми из них являются системы Asterisk [9] (занимает около 86 % рынка IP-АТС с открытым кодом) и FreeSwitch [10]. Кроме «оригиналов» указанных систем достаточно широко распространены и их «клоны»: системы Elastix и Trixbox, созданные на базе Asterisk, FusionPBX и BlueBOX, основанные на базе системы FreeSwitch.

Перейдем к краткому анализу основных достоинств и недостатков IP-АТС с открытым кодом. У системы Asterisk и ее клонов достаточно развитый основной и дополнительный функционал. Эта система очень проста в конфигурировании, предоставляет большое количество удобных web-интерфейсов, биллинговых систем, а также готовых решений «из коробки», предназначенных для внедрения на предприятиях относительно небольшого масштаба. Однако при этом Asterisk имеет весьма ограниченные возможности масштабирования. Так, проведенный авторами анализ показывает, что система Asterisk при загрузке практически всех ресурсов операционной системы не поддерживает большое количество одновременных телефонных вызовов, максимальное количество которых при полной нагрузке не превосходит 200. Упомянутые клоны этой системы улучшают этот показатель примерно в 1,5 раза, что, тем не менее, является явно недостаточным для крупных организаций.

Система Freeswitch была создана одним из бывших разработчиков системы Asterisk с целями как реализации всего множества протоколов поддержки работы программных и аппаратных телефонов, так и расширения пределов масштабируемости системы по количеству поддерживаемых одновременных телефонных соединений. Одними из главных достоинств этой системы являются стабильность работы, масштабируемость, кросс-платформенность, а также возможность поддержки в качестве окончательного оборудования любых аппаратных и про-

граммных IP-телефонов, использующих протоколы SIP, SCCP (Skinny), IAX2, H323. Проведенные тесты показали, что FreeSwitch (равно как и ее клоны) выдерживает около 1000 одновременных вызовов, что существенно превышает показатели Asterisk.

Однако, в отличие от Asterisk, система FreeSwitch сложна в настройке ввиду относительно бедной документации и сложного формата конфигурационных файлов. Кроме того, приложения для FreeSwitch существенно проигрывают приложениям для Asterisk. Предоставляемые им биллинговые системы и графические интерфейсы (GUI) не удовлетворяют требованиям крупных организаций, а потребительское качество их функционала далеко от качества функционала аналогичных компонентов Asterisk.

Таким образом, сотрудниками ЮФУ было принято решения о разработке собственной платформы для построения сетей IP-телефонии, имеющей модульную структуру, для удовлетворения требованиям крупных организаций.

2. Проблемы масштабирования корпоративных систем IP-телефонии крупных организаций по количеству пользователей

Как показывают данные статистических исследований, системы IP-телефонии крупных организаций, имеющих в своем штате десятки тысяч телефонизированных сотрудников, в периоды пиковых нагрузок должны «справляться» с поддержкой тысяч одновременных телефонных соединений. В свою очередь, эти нагрузки должны рассчитываться по формулам Эрланга.

$$P_B = \frac{A^N / N!}{\sum_{n=0}^N \frac{A^n}{n!}}$$

(где N – число каналов связи (одновременных соединений), A – нагрузка на сеть (Эрл), P_B – вероятность сброса звонка)

Производительность коммерче-

ских IP-АТС (количество поддерживаемых телефонных подключений и максимально допустимых одновременных телефонных соединений) может быть без каких либо технических сложностей увеличена до требуемых значений. Однако за дополнительную производительность потребуется заплатить весьма не малые суммы. Кроме того, коммерческие IP-АТС во многих случаях не предоставляют возможности работы со «сторонним» оконечным оборудованием: зачастую, с более дешевыми аппаратными IP-телефонами других производителей (отличных от производителя конкретной коммерческой IP-АТС) и свободно распространяемыми программными IP-телефонами. Это также значительно повышает затраты на подключение дополнительных пользователей к системе IP-телефонии при ее масштабировании. В связи с этими двумя факторами и существующими ограничениями бюджета масштабирования систем телефонии, указанные ограничения обычно являются совершенно невыполнимыми при сколь либо большом масштабировании количества пользователей коммерческих IP-АТС.

Поэтому для решения проблем масштабирования было принято решение разработать платформу создания систем IP-телефонии, обеспечивающей как применение всех протоколов IP-телефонии (SIP, SCCP, IAX2, H323), так и наиболее высокий среди всех свободно-распространяемых IP-АТС уровень масштабируемости.

Однако, на первый взгляд, создание такой платформы ничем не поможет при масштабировании систем IP-телефонии, изначально построенных на коммерческих IP-АТС или иных свободно-распространяемых IP-АТС. Для решения этой проблемы авторами было сформулировано требование обеспечения интероперабельности разработанной ими платформы с любыми существующими IP-АТС. Реализация этого требования обеспечила возможность масштабирования систем IP-телефонии, построенных

на базе произвольных IP-АТС.

3. Общая организация программной платформы IP4TEL

Основным компонентом рассматриваемой программной платформы является довольно широко масштабируемая платформа для построения сетей IP-телефонии IP4TEL. Платформа IP4TEL имеет модульную структуру и включает в себя серверы обработки голосового трафика – IP-PBX IP4TEL, сервер балансировки нагрузки – Loadbalancer IP4TEL, сервер баз данных – DB IP4TEL. Платформа допускает выполнение этих компонентов в одном или нескольких экземплярах (для обеспечения требуемого уровня масштабирования) на отдельных аппаратных или виртуальных серверах. Разработка IP4TEL базируется на идее индивидуальности системы связи каждого предприятия, в связи с этим достигнута совместимость с широким спектром протоколов IP-телефонии и возможность компоновать модули IP4TEL для получения уникальной VoIP системы. Важно отметить, что масштабирование системы в широких пределах обеспечивается важным компонентом платформы IP4TEL – балансировщиком нагрузки (Loadbalancer IP4TEL), распределяющим нагрузку по установлению телефонных соединений и по контролю их состояния между несколькими IP-АТС. При отказе одного

или нескольких серверов обработки голосового трафика IP4TEL нагрузка динамически перераспределяется между оставшимися серверами.

Для повышения уровня надежности системы IP-телефонии, построенной на платформе IP4TEL, предусмотрена возможность подключения резервных балансировщиков нагрузки, работающих на отдельных аппаратных или виртуальных серверах. Интегрирующим компонентом системы, построенной на базе платформы IP4TEL, является кластер баз данных, исполняющий одновременно роли хранилища всех данных о проходящих через систему телефонных вызовах и интерфейсной среды, обеспечивающей взаимодействие остальных компонентов платформы IP4TEL через набор стандартизованных в этой системе открытых интерфейсов. И, наконец, платформа IP4TEL включает представительный набор дополнительных функциональных модулей и подсистем, обеспечивающих выполнение широкого набора дополнительных функций. Кроме того, интерфейс управления системой предоставляется полностью на русском языке.

Таким образом, схема системы IP-телефонии, построенной на платформе IP4TEL имеет вид, представленный на рисунке 1.



Рис. 1. Схема взаимодействия компонентов IP4TEL в составе системы IP-телефонии

4. Основные дополнительные функциональные возможности программной платформы IP4TEL

В данном разделе мы рассмотрим важнейшие дополнительные функциональные возможности платформы, которые обеспечиваются различными компонентами IP4TEL, что позволяет расширить сферу использования и/или повысить удобство использования при разработке и эксплуатации систем IP-телефонии, построенных на ее базе.

Возможность интероперабельности IP-АТС IP4TEL с любыми другими IP-АТС существенно расширяет возможности применимости платформы IP4TEL, позволяя выполнять масштабирование не только систем IP-телефонии, разработанных на базе указанной платформы, но и систем IP-телефонии, созданных на базе любых других известных IP-АТС. Такая возможность обеспечивается путем создания специальных программных шлюзов между IP-АТС различных типов. Кроме того, возможность интероперабельности IP-АТС IP4TEL позволяет производить расширение цифровых и аналоговых АТС, осуществлять их переход на уровень IP-АТС и производить вынос номерного пространства всех типов АТС «куда угодно» без существенных затрат.

Другой важной функциональной возможностью IP4TEL является организация динамической маршрутизации исходящих вызовов, приводящей к существенной экономии на внутризонавой, междугородней и международной связи.

Кроме того, комплекс IP4TEL обладает русскоязычным web-интерфейсом и следующими интеллектуальными услугами «из коробки»: голосовая почта, голосовые меню, конференц-комнаты, переадресация вызовов, поддержка факсов (fax2email, email2fax), система анализа и учета затрат на телефонную связь, оснащенная web-интерфейсом, автоматическая настройка стационарных IP-телефонов и АТС-приставок, безлимитная видеосвязь, запись разговоров.

5. Опыт создания корпоративных систем IP-телефонии на базе платформы IP4TEL

Разработанная платформа IP4TEL была успешно использована авторами для масштабирования системы IP-телефонии Южного федерального университета (ЮФУ), построенной несколько лет назад на базе коммерческой системы CUCM [4]. Благодаря интеграции платформы IP4TEL и системы CUCM добавление новых абонентов в сеть IP-телефонии ЮФУ происходит без необходимости приобретения дополнительных абонентских лицензий для CUCM, при этом, абоненты системы CUCM используют все интеллектуальные сервисы платформы IP4TEL, что позволило существенно сократить расходы на дальнейшее расширение, развитие и эксплуатацию системы IP-телефонии ЮФУ.

При масштабировании системы в ее состав были включены два сервера обработки голосового трафика IP4TEL, исходя из необходимости обеспечения не менее 1000 надежных (не разрываемых при отказе одного из серверов) параллельных телефонных соединений. В результате тестирования поведения системы при отказе одного из серверов обработки голосового трафика было экспериментально определено, что «переброска» телефонного соединения на обслуживающее другое сервера вызывает перерывы в соединениях продолжительностью не более 3-х секунд (естественно, что суммарная исходная нагрузка на оба сервера не превышала 1000 одновременных соединений). В связи с этим, представляется целесообразным рекомендовать включение в состав системы IP такого количества серверов обработки голосового трафика, которое обеспечивало бы превышение потребности в производительности системы как минимум на производительность 1-го сервера.

И, наконец, отметим, что при масштабировании системы IP-телефонии ЮФУ в качестве оборудования для пользователей были выбраны оптимальные по

соотношению функциональность/ стоимость модели IP-телефонов, стоимость которых была во много раз ниже идентичных моделей телефонов Cisco (напомним, что первоначально вся система IP-телефонии была построена на базе CUCM). Поскольку, в отличие от CUCM и других коммерческих решений, система IP4TEL не накладывает никаких ограничений на используемые модели IP-телефонов, основным критерием их выбора как раз и становится оптимизация соотношения функциональность/стоимость.

Заключение

Таким образом, в настоящей статье рассмотрена разработка программной платформы IP4TEL, предназначенной для создания высоко масштабируемых и высоконадежных систем IP-телефонии.

Основная научно-техническая новизна предложенных решений заключается в принципиальной схеме обеспечения масштабируемости и отказоустойчивости системы IP-телефонии за счет параллельного выполнения на нескольких аппаратных и/или виртуальных серверах необходимых (для обеспечения требуемых уровней масштабируемости и надежности) количеств экземпляров сер-

веров обработки голосового трафика и резервных балансировщиков нагрузки.

Основными преимуществами разработанной платформы (по сравнению с коммерческими аналогами) являются низкая стоимость, интероперабельность с другими IP-АТС, возможность использования широкого круга аппаратных и программных SIP-телефонов и SCCP-телефонов широкого круга производителей.

При этом система в отличие от свободно распространяемых аналогов имеет высокую степень масштабируемости и отказоустойчивости, расширенный функционал, интероперабельность с системами IP-телефонии, построенными на базе других средств, и с любыми внешними телефонными сетями.

Платформа IP4TEL внедрена в ЮФУ для развития и масштабирования системы IP-телефонии, рекомендуется также к использованию в других крупных учреждениях/ организациях, располагающих развитыми телекоммуникационными сетями, для построения или дальнейшего развития систем IP-телефонии. При этом для построения и развития требуемых корпоративных телекоммуникационных сетей могут быть рекомендованы методы, рассматриваемые в [1].

Литература

1. Букатов А.А., Шаройко О.В., Березовский А.Н. Принципы, задачи и методы построения интегрированной телекоммуникационной сети объединяемых учреждений // Информатизация образования и науки. – 2013. – № 1(17). – С. 48-63.
2. Букатов А.А., Цимбаленко А.В., Березовский А.Н. Система объединенных интерактивных коммуникаций для дистанционного обучения // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2014. – № 4(82). – С. 29-39.
3. Первый российский конструктор для построения сетей IP-телефонии крупных организаций / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://IP4TEL.ru/> (дата обращения 20.11.2016).
4. Cisco Unified Communication Manager / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/unified-communications/unified-communications-manager-version-9-0/index.html> (дата обращения 20.11.2016).
5. Avaya Aura / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.avaya.com/ru/product/avaya-aura-platform/> (дата обращения 20.11.2016).
6. IBM Sametime Unified Telephony / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www-03.ibm.com/software/products/us/en/ibmsame> (дата обращения 20.11.2016).
7. Microsoft Lync server / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://technet.microsoft.com/ru-ru/library/gg398616.aspx> (дата обращения 20.11.2016).

8. Siemens OpenScape / [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://wiki.unify.com/wiki/OpenScape_Office#OpenScape_Office_LX (дата обращения 20.07.2016).

9. Asterisk / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.asterisk.org> (дата обращения 20.11.2016).

10. FreeSwitch / [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.freeswitch.org> (дата обращения 20.11.2016).