

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОРПОРАТИВНОЙ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ

Дубровин В. С., Егунова А.И., Калташкина О.И.

ГОУВПО НИ «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск

E-mail: dvs8937@saransk.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы объединения телефонных сетей отделений компании в интегрированную сеть с единой нумерацией, централизованной настройкой и возможностью предоставления дополнительных сервисов (в том числе организация телеконференций), снижения затрат на телефонные соединения между отделениями, располагающимися в разных городах.

Ключевые слова: локальная вычислительная сеть, телефонная сеть предприятия, IP-телефония, VoIP, маршрутизатор Cisco 3848, Cisco Unified Communication Manager, Call Manager Express, корпоративная локальная вычислительная сеть.

Постановка задачи

Современная компания для организации успешной работы заинтересована в повышении производительности труда сотрудников, организации более оперативного контроля выполнения текущих задач, эффективного взаимодействия между различными отделениями и филиалами компании.

Цифровая телефония (VoIP - Voice over Internet Protocol) или IP-телефония позволяет строить более экономичные и эффективные системы корпоративных коммуникаций с различными голосовыми сервисами, что способствует успешному решению поставленных бизнес целей и задач.

При модернизации телефонной сети организации планировалось достичь следующих преимуществ:

- организация бесплатной голосовой связи внутри компании;
- возможность доступа ко всем коммуникационным возможностям любого отделения или филиала компании;
- интеграция голосовых сервисов в бизнес-приложения и бизнес-процессы;
- широкие возможности по регистрации, ведению записей разговоров и статистики всех соединений;
- дешевое внедрение (минимальные затраты на обновление оборудования и настройку новых сервисов) и одновременное использование дополнительных сервисов по работе в сети передачи данных.

При реализации поставленных задач решались следующие вопросы:

1. Определение топологии существующей сети (основные единицы сетевого оборудования и связи между ними, схема ip-адресации, существующие VLAN, методы доступа и протоколы).

2. Проведение ревизии существующего оборудования и анализ сетевого входящего и исходящего трафика.

3. Анализ поставленных бизнес задач и разработка технических требований (повышение доступности и качества обслуживания, улучшение сетевой масштабируемости, усиление безопасности, единая нумерация абонентов в рамках предприятия, аудио конференции не менее 25 абонентов, интеграция с городской АТС, удаленное администрирование устройств, просмотр статистики разговоров).

4. Проектирование топологии сети и решений: создание иерархической сети для обеспечения масштабируемости и надежности; внедрение технологии IP-телефонии; организация

службы обеспечения качества обслуживания (QoS); сегментирование трафика посредством VLAN (организация голосовой VLAN).

Метод решения

Описание существующей сети. Компания-Заказчик состоит (рис.1) из главного офиса и 21 отделения (одно отделение располагается в крупном городе, остальные 20 – в районных центрах). Телефонная сеть компании построена на базе двух аналоговых офисных мини-АТС: Panasonic KX-TA 616 в главном офисе и LG GHX-616 в городском отделении. В районных отделениях имеется по одному телефону на офис.

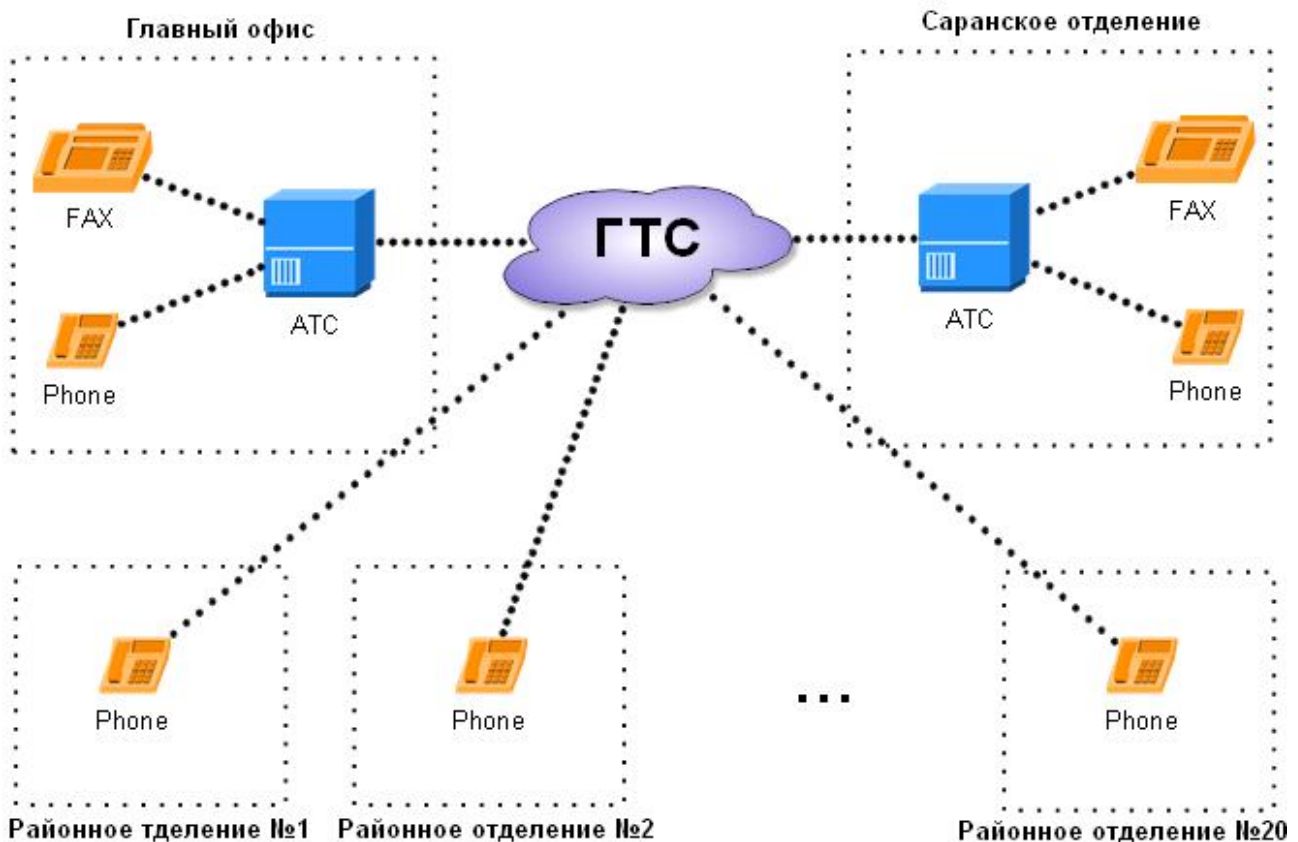


Рис.1 - Структура телефонной сети компании

Мини-АТС главного офиса имеет 6 внешних линий и 24 внутренних (за счет дополнительной платы расширения KX-TA30874X на 8 внутренних (SLT) линий). Мини-АТС городского отделения имеет 6 внешних и 16 внутренних линий. Существующая локальная вычислительная сеть (ЛВС) является территориально распределенной, связывающей главный офис и 21 отделение (городское и 20 районных отделений). Связь осуществляется посредством общедоступных сетей (ТфОП и Интернет).

Подключение районных отделений организуется по технологии Dial-up. Городское отделение из-за своего положения в пределах города, а также большого количества сотрудников подключается к сети по технологии ADSL, так же как и главный офис. Защищенный доступ к корпоративной сети осуществляется при помощи виртуальной частной сети (VPN), настроенной поверх договорного Интернет-соединения, предоставляемого местным провайдером. Управляющее узловое оборудование и сервера приложений располагаются в главном офисе и частично дублируются в городском отделении (рис.2).

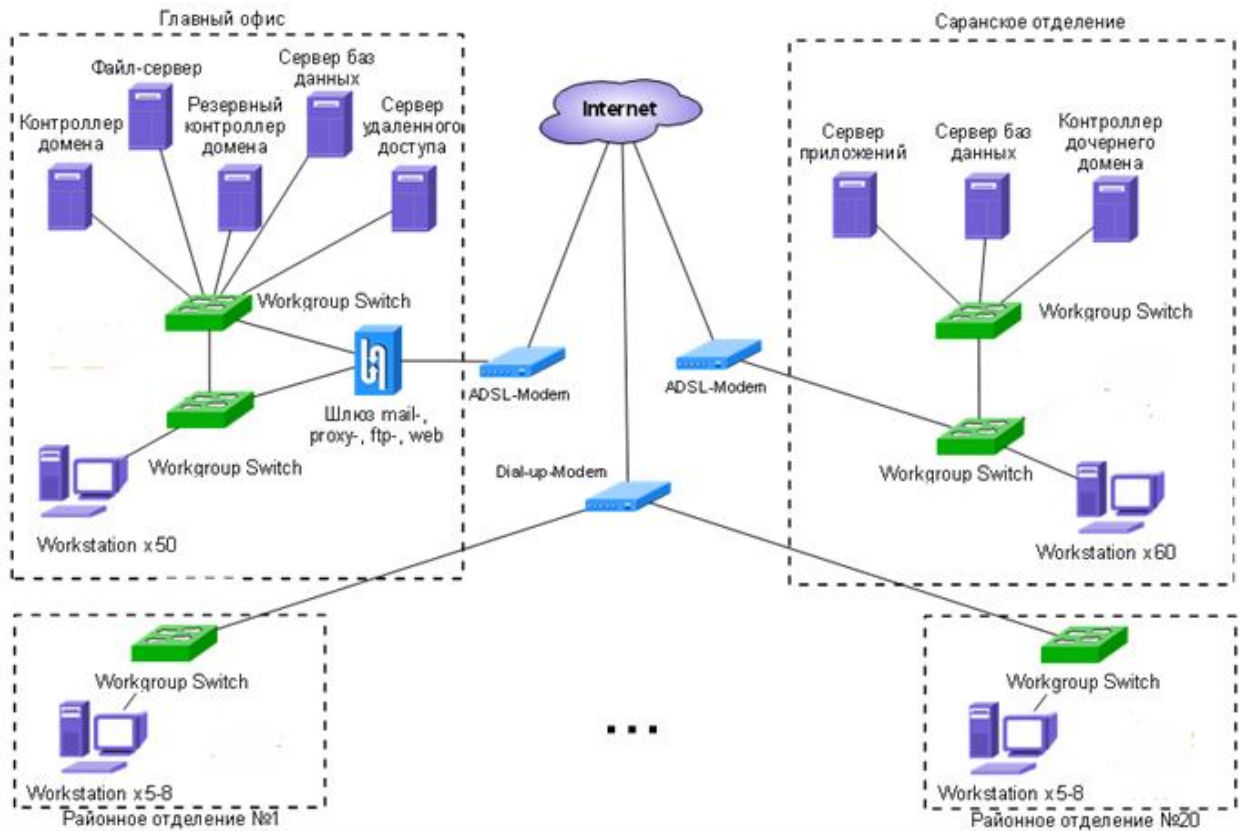


Рис.2 - Структура локальной вычислительной сети компании

ЛВС главного офиса построена на базе двух коммутаторов TrendNet: TEG-S240TX (24 порта Ethernet 10/100/1000) и TEG-2248WS (48 портов Fast Ethernet и 4 порта Gigabit Ethernet), соединенных между собой по технологии IEEE 802.3ab (TP Gigabit Ethernet). За маршрутизацию трафика отвечает маршрутизатор (шлюз), реализованный на базе сервера под управлением операционной системы Linux Debian со службами IP-Tables и Squid. ЛВС городского отделения построена на базе двух коммутаторов TEG-2248WS (48 портов Fast Ethernet и 4 порта Gigabit Ethernet), соединенных между собой по технологии IEEE 802.3ab (TP Gigabit Ethernet). ЛВС районных отделений строятся на базе коммутаторов TrendNet: TE100-S16Eplus (16 порта Ethernet 10/100) или TE100-S8 (8 портов Ethernet 10/100). Внутри сети все рабочие станции сервера и другое оборудование имеют частные ip-адреса, принадлежащие сетям класса C (192.168.0.0/16). Каждому отделению предоставляется для адресации своя сеть (192.168.0.0/24).

Существующие АТС не способны обеспечить единый план нумерации в пределах сети предприятия, не позволяют получать статистику разговоров абонентов, а также не поддерживают многостороннюю конференцию (25 сторон), и другие функции и возможности, требующиеся Заказчику. Они являются аналоговыми, поэтому для их подключения к проектируемой сети необходимы специальные модули для маршрутизатора (что потребует дополнительных затрат производительности процессора) или же отдельное устройство – голосовой шлюз.

Использование согласующего оборудования потребует значительных финансовых вложений, не принеся при этом должной отдачи и полной реализации поставленных бизнес целей. Последующее развитие корпоративной сети потребует замены старого оборудования на более новое и функциональное. Использование этих устаревших моделей АТС, работающих по старым протоколам, которые часто не являются унифицированным общемировым стандартом (частные разработки производителя под конкретные модификации оборудования), не позволит в полном объеме использовать преимущества и дополнительные функции, предоставляемые современными цифровыми технологиями организации связи.

Исходя из анализа существующей корпоративной инфраструктуры связи и поставленных целей по развитию бизнеса, было принято решение заменить устаревшее оборудование и использовать вместо аналоговой телефонии цифровую VoIP-связь. Предложено заменить аналоговую АТС на коммутатор и подключить к его портам IP-телефоны. Для поддержки проектируемой сети необходимо модульное расширение функциональных узлов и обновление управляющего программного обеспечения (версий операционных систем).

Для построения VoIP-сети обязательна поддержка коммутаторами технологии питания по Ethernet (PoE). Существующие коммутаторы не поддерживают необходимые для функционирования будущей сети технологии: VLAN, QoS, PoE, удаленное управление и т.д. Поэтому было принято решение заменить существующие коммутаторы на более новые и функциональные. Структура ЛВС, реализованная на предприятии, не отвечает требованиям надежности и отказоустойчивости. Кроме того, существующий способ подключения филиалов не способен обеспечить скорости пересылки трафика, требующиеся для организации IP-телефонии. По результатам анализа существующей сетевой инфраструктуры было принято решение о значительном изменении конфигурации сети в соответствии с новыми требованиями.

Для формулировки требований к устанавливаемому оборудованию необходимо провести анализ существующего трафика, а также телефонных нагрузок, так как проектируемая сеть должна поддерживать как уже существующий, так и дополнительный трафик IP-телефонии. Анализ трафика передачи данных можно провести [1] с помощью различных анализаторов протоколов (Ethereal, OptiView Protocol Expert, Netasyst Network Analyzer, Observer, LanHound, EtherPeek и т.д.). Для анализа телефонных нагрузок применим метод решения с помощью первой формулы Эрланга [2-4].

Анализ нагрузки в существующей сети предприятия. Исходными данными для анализа является распечатка статистики телефонных звонков АТС главного офиса за последний месяц (на момент проведения анализа – октябрь 2009 года).

На первом этапе проанализированы количество и продолжительность вызовов по дням недели, определен наиболее загруженный день. В результате анализа статистики телефонных нагрузок за месяц выяснилось, что максимальная нагрузка пришлась на 21 октября, при этом: исходящая нагрузка внутри сети, исходящая нагрузка во внешнюю сеть и входящая нагрузка составили 3025 с, 12503 с и 13562 с соответственно.

На втором этапе определен час наибольшей нагрузки (ЧНН) для исходящих и входящих вызовов (рис.3). Согласно гистограмме распределения входящей нагрузки в течение дня, час наибольшей нагрузки приходится на время с 10:00AM до 11:00AM.

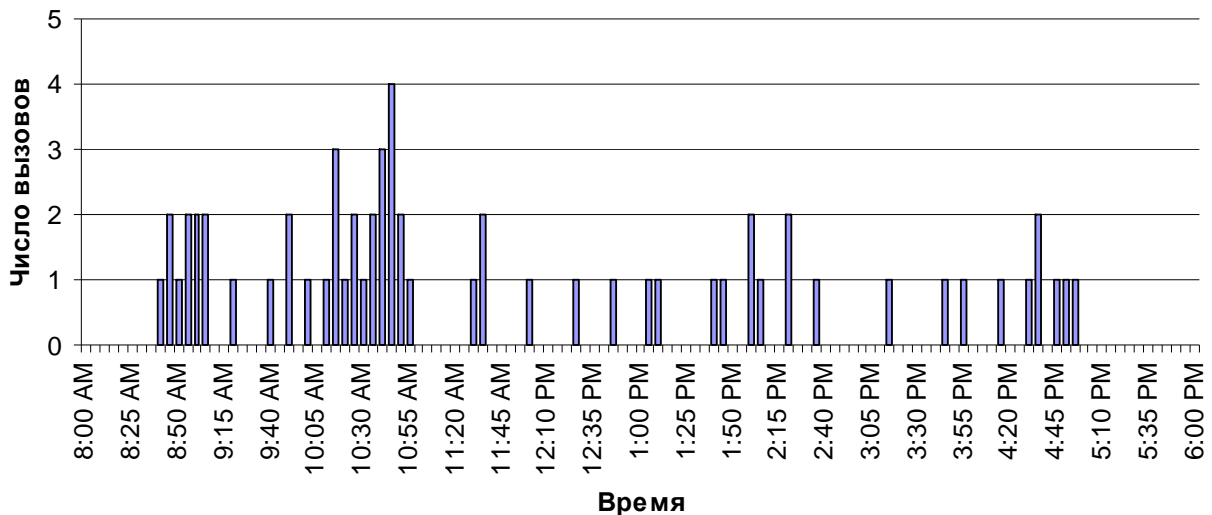


Рис.3 - Гистограмма входящей нагрузки в ЧНН

Расчет входящей нагрузки в ЧНН можно выполнить по формуле:

$$y = \frac{c_i * t_i * n_i}{3600}, \quad (1)$$

где n_i - число источников нагрузки, c_i - среднее число вызовов, поступающих от одного источника нагрузки в единицу времени, t_i - средняя длительность занятия коммутационной системы при обслуживании одного вызова.

Интенсивность входящей нагрузки равна 0,9931 Эрл, при этом нагрузка, поступающая из внешней сети, равна 0,1478 Эрл, а от филиалов предприятия – 0,8553 Эрл. Интенсивность исходящей нагрузки равна 0,7597 Эрл, при этом нагрузка, поступающая во внешнюю сеть, равна 0,5442 Эрл, а в филиалы предприятия – 0,2128 Эрл (ЧНН с 9:00АМ до 10:00АМ).

Расчет емкости пучков от электронных АТС рекомендуется [3] производить по первой формуле Эрланга:

$$P = E_v = \frac{y^v / v!}{\sum_{j=0}^v y^j / j!}, \quad (2)$$

где v - количество соединительных линий или обслуживающих приборов, y – поступающая нагрузка, j – число приборов, P – вероятность потерь вызовов, связанная с блокировкой обслуживающих приборов.

Формула Эрланга табулирована и представлена в табличной форме в виде зависимости трех параметров: числа СЛ, вероятности потерь вызовов и поступающей на пучок линий нагрузки. Вероятность потерь вызовов, в соответствии с рекомендациями НТП 112-2000 [3], примем равной 0,5%. Используя рассчитанные значения входящей и исходящей нагрузок, а также таблицу табулированной I формулы Эрланга, определим число линий, необходимое для обслуживания существующей в сети нагрузки (табл.1).

Таблица 1. Число линий, необходимое для обслуживания существующей нагрузки главного офиса

Входящая нагрузка		Исходящая нагрузка	
из внешней сети	из внутренней сети	во внешнюю сеть	во внутреннюю сеть
0,1478	0,8553	0,5442	0,2128
Число линий в зависимости от нагрузки (с вероятностью потерь 0,5%)			
3	5	4	3

Расчет числа линий для связи филиалов с сетью ТфОП. Существующая структура сети предполагает наличие всего по одному телефону на каждое районное отделение, в то время как проектируемая сеть будет предоставлять доступ к телефонной связи всех сотрудников организации (в среднем по 8 телефонов на отделение), поэтому для расчета числа СЛ нельзя использовать данные о существующих телефонных нагрузках по отделениям. При отсутствии статистических данных допускается [3] количество линий для малых УАТС определять по формуле:

$$N_{ТфОП} = 4 + \frac{M - 16}{8}, \quad (3)$$

где M - количество абонентов с правом выхода на ГТС.

С учетом формулы (3), получим, что для подключения отделений к ТфОП необходимо 3 линии. Число линий для соединения с внутренней корпоративной телефонной сетью примем равным числу линий для соединения с ТфОП.

Определение требований к сети. В практике проектирования ЛВС известны две модели построения топологии сети: плоская (без разделения на подуровни) и иерархическая. Учитывая структуру организации и поставленные задачи по эффективной реализации бизнес функционирования, было принято решение о перестройке существующей сети главного офиса в соответствие с иерархической топологией.

Для дальнейшего проектирования требуется определить необходимую пропускную способность сети. Зная необходимое число линий (рассчитанное выше), а также их номинальную пропускную способность, можно рассчитать теоретическую пропускную способность сети IP-телефонии:

$$C = c * n, \quad (4)$$

где c – пропускная способность отдельной линии; n – число линий.

Для внутренней сети использован стандартный кодек G.711, при этом пропускная способность для одного канала составляет 64 Кб/с. Для подключения внешних отделений использован более экономичный кодек G.729, который занимает в 8 раз меньшую полосу (8 Кб/с).

С учетом того, что проектируемая сеть должна одновременно поддерживать телеконференцию на 25 сторон, был проведен расчет необходимой пропускной способности сети IP-телефонии для полученных значений числа линий внутреннего направления (для главного офиса и отделений: в исходящем направлении 32 Кб/с, во входящем – 232 Кб/с, всего – 264 Кб/с). Рассчитанные значения характеризуют только пропускную способность, необходимую для поддержки телефонии; для оценки полной пропускной способности к этому значению необходимо прибавить значение трафика передачи данных [5], следовательно, проектируемая сеть должна поддерживать передачу трафика в обе стороны не меньше 6 Мб/с.

Проектирование топологии сети и решений. Для корректной работы проектируемой сети необходимо, чтобы пограничные маршрутизаторы главного офиса и филиалов поддерживали следующие функции: голосовой шлюз, подключение аналоговых телефонных кабелей (разъем RJ11), подключение к сети Интернет по технологии SHDSL, VPN, брандмауэр, подключение кабелей LAN (Fast Ethernet, разъем RJ45), QoS, NAT.

Для реализации данной сети было выбрано оборудование компании Cisco Systems, обладающее внушительным списком достоинств (гибкость; легкость отладки; интеллектуальность; производительность; централизация; модульная, легко наращиваемая архитектура и т.д.) и полностью удовлетворяющее поставленным требованиям. На основании проведенного анализа сформулированы требования к поддерживаемым сетевым оборудованием функциям и стандартам, перечень которых приведен в табл.2.

Таблица 2. Требования к пограничным маршрутизаторам

Требование	Модуль
Аппаратные	
Порты LAN (Fast Ethernet) x2	Встроенные
Порты WAN (DSL) x1	HWIC-4SHDSL
Порты WAN (FXO) x4	VIC2-4FXO
Порты WAN (FXS) x4 (2)	VIC2-4FXS (или 2FXS для филиалов)
Программные и функциональные	
VPN	Программная поддержка
QoS	
Брандмауэр	
NAT	
ACL	
Управление вызовами	Подключение Cisco Unified Call Manager (CUCM)

Для коммутаторов уровня доступа основными требованиями будут: поддержка технологии PoE, VLAN и Web-управления.

Выбор активного сетевого оборудования сети. Для сети главного офиса было выбрано следующее оборудование: маршрутизатор Cisco 2801 (с дополнительными модулями HWIC-4SHDSL, VIC2-4FXO, VIC2-4FXS), коммутатор Linksys SRW 248G4P, коммутатор Cisco WS-C3560-8PC-S, медиасервер Cisco MCS 7816I4-K9-CMC2 Unified CM 7.1 Appliance.

Для сетей районных отделений: маршрутизатор Cisco 2801 (с дополнительными модулями HWIC-4SHDSL, VIC2-4FXO, VIC2-2FXS), коммутатор Linksys SRW 208P. Сеть Саранского отделения: маршрутизатор Cisco 2801 (с дополнительными модулями HWIC-4SHDSL, VIC2-4FXO, VIC2-4FXS), коммутатор Linksys SRW 248G4P [6].

Для установки на рабочих местах выбраны телефоны фирмы Cisco CP-7911G, поддерживающие PoE, CDP. Выбранные телефоны, оснащенные встроенным трехпортовым коммутатором для подключения компьютера, позволяют уменьшить необходимое количество портов коммутатора доступа.

В результате проведенного анализа существующей сети и расчета необходимых параметров проектируемой сети была спроектирована с учетом требований Заказчика корпоративная локальная вычислительная сеть с поддержкой технологии IP-телефонии (рис.4).

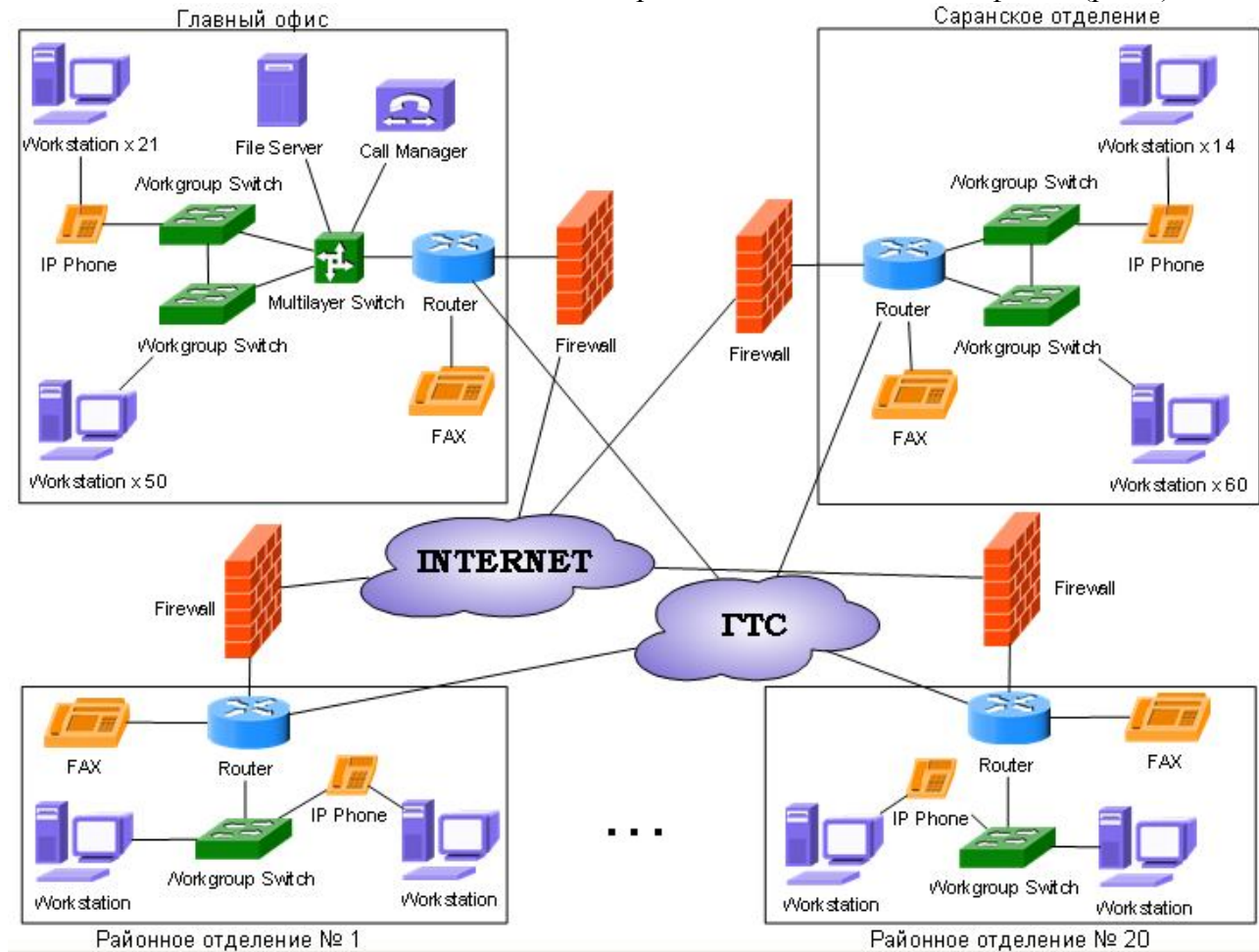


Рис.4 – Схема спроектированной сети

Модернизированная сеть состоит из локальных сетей главного офиса и районных отделений, связанных между собой посредством общедоступной сети Интернет с помощью технологии VPN. На границе локальных сетей отделений стоят маршрутизаторы с интегрированными сервисами Cisco 2801 (поддерживающие VPN, NAT, ACL и т.д.). Доступ в Интернет из всех сетей осуществляется по технологии SHDSL. Для поддержки данной технологии в каждый пограничный маршрутизатор устанавливается дополнительный модуль расширения HWIC-4SHDSL.

Для подключения к сети IP-телефонии факсовых аппаратов или, при необходимости, другого аналогового оборудования, предусмотрена установка дополнительных модулей VIC2-4FXS (или VIC2-2FXS в районных отделениях). Подключение к ТфОП осуществляется с помощью устанавливаемых в маршрутизаторы модулей VIC2-4FXO. Для использования в сети выбраны IP-телефоны Cisco CP-7911G, которые требуют питания по витой паре, поэтому во всех отделениях устанавливаются новые коммутаторы Linksys с поддержкой PoE.

В качестве коммуникационного сервера сети будет использоваться сервер Cisco Unified Call Manager (CUCM) на базе медиасервера Cisco MCS. В качестве платформы для CUCM в главном офисе предусмотрена установка сервера Cisco MCS 7816I4-K9-CMC2 с уже интегрированным Unified CM 7.1. Данный продукт поддерживает все необходимые в данной сети функции, в том числе организацию телеконференций.

В проектируемой сети будет использоваться трехзначный план внутренней нумерации. Для телефонной сети главного офиса и Саранского отделения выделено по 100 номеров (100 – 199 и 200 - 299), для сетей районных отделений - по 20 номеров (300 – 319, 320 – 339, ... , 680 - 699). Выход на ТфОП будет осуществляться через 8.

Для локальной сети каждого филиала выделяется отдельная частная сеть класса С (192.168.0.0 – 192.168.21.0). Сети передачи данных и голоса разносятся в разные подсети (для голоса выделены отдельные сети из диапазона 192.168.30.0 – 192.168.51.0), а также в разные VLAN (VLAN 12 – данные и VLAN 112 - голос). Первый доступный адрес в каждой сети присваивается интерфейсу маршрутизатора и используется в качестве шлюза по умолчанию.

Полученные результаты

1. Выполнен тщательный анализ существующей инфраструктуры сети организации. Были получены характеристики функционального оборудования и проведена оценка возможности его использования в новой структуре сети, проведен анализ входящего и исходящего сетевого трафика.

2. Выполнено объединение сетей передачи голоса и данных в единую корпоративную сеть с использованием протоколов стека TCP/IP, что позволило использовать существующие линии связи как для передачи данных компании, так и организации как внутренних, так и внешних телефонных соединений.

3. Использование единого плана нумерации, а также возможность использования коротких номеров для сотрудников центрального и дополнительных офисов – очевидные преимущества модернизированной сети.

4. Внедрение технологии VoIP позволяет уменьшить суммарные расходы, связанные с ведением международных и междугородних телефонных переговоров и, кроме того, дает возможность свести к минимуму аренду обычных телефонных линий. На этом этапе достигнуто условие значительного удешевления стоимости организации телефонных соединений: внутренние звонки в офисах и отделениях компании проходят бесплатно, а на внешних линиях (между отделениями) уменьшена стоимость разговоров.

5. Проведенная модернизация локальной сети предприятия позволяет повысить ее безопасность за счет шифрования трафика и использования возможностей организации VPN соединений.

Литература

1. Р. Граймз. Анализаторы сетевых протоколов. - Windows IT Pro. – 2006 г. - № 6.
2. Лившиц Б. С., Пшеничников А. П., Харкевич А. Д. Теория телетрафика. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Связь, 1979. - 224 с.
3. Нормы технологического проектирования. Городские и сельские телефонные сети. НТП 112-2000. Издание официальное.
4. Корнышев Ю. Н., Фань Г. Л. Теория распределения информации: - М.: Радио и связь, 1985. – 184 с.
5. Олифер Н.А., Олифер В.Г. Средства анализа и оптимизации локальных сетей. - <http://www.citforum.ru/nets/optimize/index.shtml>
6. www.cisco.com