

МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

САМАРКАНДСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Факультет “Телекоммуникационных технологий и профессионального
образования”

Кафедра “Телекоммуникационный инжиниринг”

**ВЫПУСКНАЯ
КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

для получения академической степени бакалавра по направлению
5311300-“Телекоммуникация”

ТЕМА: исследование характеристик беспроводных сетей: voip и 802.11e

Выпускная квалификационная работа
рекомендовано к защите решением
кафедры «Телекоммуникационный
инжиниринг» протоколом № __ от
__ мая 2015 г.
Заведующий кафедрой
_____ **доц. Жуманов Х.А.**

Выполнил: студент 4-го курса
_____ **Холмаматов К.З.**
Научный руководитель:
асс. кафедры
“Телекоммуникационный
инжиниринг”
_____ **Сайдирасулов Н.С.**

Самарканд – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Глава I. Архитектура VoIP сетей и обзор стандартов семейства IEEE	
802.11	9
1. Архитектура VoIP сетей	9
1.1 Архитектура VoIP сетей на базе H.323	11
1.2 Архитектура VoIP сетей на базе SIP	15
2. Стеки протоколов. Качество передачи в сетях VoIP	17
3. Обзор стандартов семейства IEEE 802.11	26
3.1 Стандарт IEEE 802.11a	27
3.2 Стандарт IEEE 802.11b	28
3.3 Стандарт IEEE 802.11e	30
3.4 Стандарт IEEE 802.11g	32
3.5 Стандарт IEEE 802.11h	34
3.6 Стандарт IEEE 802.11n	35
3.7 Стандарт IEEE 802.11r	36
3.8 Стандарты 802.11j и 802.11с	36
Выводы по главе I	36
Глава II. Обеспечения качества обслуживания в беспроводных сетях	38
1. Проблемы обеспечения качества услуг	38
1.1 Концепция качества услуг	38
1.2 Типичные проблемы в VoIP-сетях	44
2. Качества обслуживания для трафика VoIP в сетях IEEE 802.11	46
3. Обеспечение QoS в разных стандартах беспроводных сетей	49
3.1 Качества обслуживания в WiMAX	50
3.2 Качества обслуживания в подвижной связи GSM	55
3.3 Качества обслуживания в сетях CDMA	59
Выводы по главе II	64

Глава III. Исследование характеристик беспроводных сетей: VoIP И 802.11e	65
1. Измерение производительности VoIP в сетях БЛВС	65
2. Показатели качества обслуживания	67
2.1 Потеря пакетов	67
2.2 Джиттер	68
2.3 Задержка	70
2.4 Пропускная способность	70
3. Имитационное моделирование	71
Выводы по главе III	76
Глава IV. Безопасность жизнедеятельности.....	78
1 Производительность труда и работоспособность человека.....	78
2 Средства тушения пожара.....	81
Заключение	88
Литература	90

Введение

Передача голоса по IP приобретает все большее значение для беспроводных локальных сетей: мобильные IP-телефоны используются как локальная замена сотовых телефонов или устройств DECT. Важной предпосылкой поддержки качественных голосовых соединений является сравнительно новый стандарт для беспроводных сетей 802.11e.

В беспроводных сетях стандарта IEEE 802.11 протоколом доступа служит протокол множественного доступа с контролем несущей (Carrier Sense Multiple Access, CSMA; см. также «Глоссарий»), как в старых реализациях Ethernet. И если в результате триумфального шествия полностью коммутируемых сетей CSMA практически исчез из Ethernet, то в беспроводных сетях без него не обойтись, поскольку радиоканал представляет собой «совместно используемую среду» (shared medium).

Передача голоса по IP и беспроводные локальные сети — две технологии, в последние годы переживающие стадию стремительного развития. Обе воспринимаются в корпоративной области как очень требовательные: аспекты безопасности трафика данных и необходимый уровень качества передачи голоса в реальном времени приходится рассматривать в контексте ограниченной пропускной способности распространенных радиостандартов IEEE 802.11b и 802.11g в пределах отдельных радиоячеек. Благодаря успеху протокола организации сеанса (Session Initiation Protocol, SIP) для VoIP в комбинации с протоколом передачи данных в реальном времени (Real-Time Transport Protocol, RTP) в рамках телефонной системы становится возможным к тому же объединять компоненты принципиально разных производителей

Распространение беспроводных сетей Wi-Fi и их интеграция в сети Ethernet привели к смене привычной топологии построения сети: вместо одиночных беспроводных точек доступа в проводных сетях появились целые беспроводные сегменты сети с централизованным управлением.

В основе глобальных изменений рынка — во-первых, использование Internet как среды предоставления услуг, а во-вторых, либерализация рынка

телекоммуникаций, всем участникам которого приходится объединять усилия в создании более гибких и эффективных сетевых архитектур. Ключевой вопрос для сетей будущего – качественное и экономически оправданное предоставление пользователю услуг мультимедиа. Кроме того, как указано в работе Президента Республики Узбекистан И.А. Каримова в центре нашего внимания находилась реализация таких крупных инвестиционных проектов, как «Модернизация и расширение междугородних центров коммутации по технологии сетей нового поколения (NGN)», «Развитие оптических сетей широкополосного доступа по технологии FTТх», «Развитие мобильной сети CDMA-450 с внедрением технологии EVDO в регионах Республики Узбекистан» и другие. Их успешное завершение позволит нам войти в число стран мира с высоким уровнем развития современных средств связи и информации, расширить еще один коридор деловых коммуникаций. Поэтапно осуществляется переход на цифровое телевидение путем установки 5 цифровых телевизионных передатчиков в Джизакской, Ташкентской, Ферганской и Хорезмской областях с обеспечением охвата цифровым телевидением более 45 процентов населения республики [1].

Все большее значение приобретает ускоренная реализация мер и проектов в сфере информационно-коммуникационных и телекоммуникационных технологий. Мы должны отдавать себе отчет, что без кардинального, я бы сказал взрывного продвижения по пути широко внедрения во все сферы экономики, в нашу повседневную жизнь современных информационно-коммуникационных систем трудно видеть перспективу. Нам необходимо в кратчайшее время не только устранить имеющее место отставание по многим видам оказания информационных услуг, но и выйти в разряд передовых стран с высоким уровнем внедрения информационно-коммуникационных технологий.

Уже в этом году следует обеспечить реализацию проектов по развитию цифрового телевидения путем установки 5 цифровых телевизионных передатчиков в Джизакской, Ташкентской, Ферганской и Хорезмской областях

и увеличить охват населения республики цифровым телевидением с 42 до 45 процентов.

Предстоит завершить строительство более 2 тысяч километров волоконно-оптических сетей широкополосного доступа по современной технологии с предоставлением услуг видеотелефонии, Интернет-телевидения, высокоскоростного Интернета, просмотра каналов HDTV и других.

Вновь созданному Государственному комитету связи, информатизации и телекоммуникационных технологий как главному координирующему органу в этой сфере необходимо взять под жесткий контроль реализацию принятой в прошлом году Программы дальнейшего внедрения и развития информационно-коммуникационных технологий, систематически информировать Правительство о результатах ее выполнения. При этом особое внимание следует обратить на ускорение разработки Концепции и комплексной программы формирования системы «Электронное правительство», включая управленческие процессы, а также процессы оказания государственных услуг бизнесу и гражданам, создание Национальной системы, интегрирующей межведомственные и ведомственные комплексы информационных систем» [1].

Актуальность. Распространение беспроводных сетей Wi-Fi и их интеграция в сети Ethernet привели к смене привычной топологии построения сети: вместо одиночных беспроводных точек доступа в проводных сетях появились целые беспроводные сегменты сети с централизованным управлением. Передача голоса по IP приобретает все большее значение для беспроводных локальных сетей. Важной предпосылкой поддержки качественных голосовых соединений является сравнительно новый стандарт для беспроводных сетей 802.11e. Поэтому исследование характеристик беспроводных сетей, также передача VoIP трафика через 802.11 сетей является весьма актуальной.

Цель и задачи исследования. Цель диссертации состоит в исследовании характеристик беспроводных сетей: VoIP и 802.11e.

Поставленная цель определила необходимость решения следующих основных задач:

- Исследование разных стандартов беспроводных сетей;
- Моделировать стандартов LAN и WLAN (802.11e). Проанализировать полученные данные и показывать эффективность и возможность передачи голос по IP в сетях 802.11e, и низкие цены при реализации.

Методы исследования. В качестве основного аналитического аппарата в работе используется программа OPNET Modeler для исследования показателей качества обслуживания VoIP в локальных и беспроводных локальных сетях.

Научная новизна. Среди научных результатов отметим моделирование стандартов LAN и WLAN (стандарт 802.11e), также во время моделирование было возможность исследовать показатели качества обслуживания стандартов LAN и WLAN (стандарт 802.11e).

Глава I. Архитектура VoIP сетей и обзор стандартов семейства IEEE 802.11

1. Архитектура VoIP сетей

Технология Voice over IP (VoIP), называемая также IP-телефонией, предусматривает взаимодействие сети TDM с коммутацией каналов и сети IP с коммутацией пакетов, а также обеспечивает эволюционное движение телекоммуникационных сетей TDM к сетям IP. Появившись немногим более десяти лет назад, она считается самой перспективной телекоммуникационной технологией, а группу протоколов VoIP можно без преувеличения назвать ключевой среди других телекоммуникационных протоколов.

Согласно принятому определению, IP-телефония — это передача речевого сигнала по сети с пакетной коммутацией в режиме реального времени. При этом телефонный номер преобразуется в IP-адрес, а аналоговый речевой сигнал — в цифровую форму.

Годом рождения Internet-телефонии считают 1995-й, когда компания Vocaltec опубликовала программное обеспечение Internet Phone для системы телефонной передачи с использованием протокола IP. Для сетевой реализации Internet Phone до середины 1990-х были доступны только телефонные модемы, поэтому передача речи посредством Internet Phone значительно уступала по качеству традиционной телефонной связи.

Между тем события стали развиваться столь стремительно, что сейчас реальные возможности технологии VoIP значительно шире ее формального названия. По существу эта технология представляет собой средство для передачи не только речи, но и произвольной информации с использованием протокола IP, а обобщающим термином стало определение «мультимедийная». Соответствующая структура данных может включать речь, изображение и данные в любых комбинациях. Эту триаду обычно называют Triple Play.

Архитектура сети VoIP может быть представлена в виде двух плоскостей. Нижняя отображает транспортный механизм негарантированной доставки мультимедийного трафика в виде иерархии протоколов RTP/UDP/IP, а верхняя — механизм управления обслуживанием вызовов. Ее ключевыми протоколами являются H.323 ITU-T, SIP, MGCP и MEGACO, представляющие собой различные реализации обслуживания вызовов в сетях IP-телефонии.

Транспортный протокол реального времени (Real-time Transport Protocol, RTP) предоставляет транспортные услуги мультимедийным приложениям. Он не гарантирует доставку и правильный порядок пакетов, но позволяет приложениям обнаружить потерю или нарушение порядка следования пакетов за счет присвоения каждому из них номера. Протокол предназначен для работы в режимах передачи «точка–точка» или «точка–множество точек» и не зависит от транспортного механизма. Однако в качестве такового обычно используется протокол UDP.

RTP работает совместно с протоколом управления реального времени (Real Time Control Protocol, RTCP), обеспечивающим управление потоком данных и контроль перегрузки канала. Участники сеанса RTP периодически

обмениваются пакетами RTP со статистическими данными (количество отправленных пакетов, число потерянных и т. д.), которые могут быть использованы отправителем мультимедиа, например, для динамической коррекции скорости передачи и даже изменения типа нагрузки.

Среди мультимедийных стандартов наиболее освоен стандарт H.323 ITU-T, к тому же он постоянно совершенствуется и имеет пять версий. Рекомендация H.323, исторически первый способ осуществления вызовов в сети IP, предусматривает следующие виды информационного обмена:

- «цифровизованное» аудио;
- «цифровизованное» видео;
- данные (обмен файлами или изображениями);
- управление соединением (обмен информацией о поддерживаемых функциях, управление логическими каналами и т. д.);
- управление установлением и разъединением соединений и сеансов связи.

Основными элементами сети стандарта H.323 являются терминалы (terminal), шлюзы (gateway), привратники (gatekeeper) и устройства управления конференциями (Multipoint Control Units, MCU).

Терминал обеспечивает двухстороннюю связь в реальном времени с другим терминалом H.323, шлюзом или MCU.

Шлюзы устанавливают соединение между терминалами сети H.323 и терминалами, находящимися в сетях, где используются другие протоколы. Главная задача шлюзов заключается во взаимном преобразовании информации между сетями разных протоколов (например, IP и TфОП).

1.1. Архитектура VoIP сетей на базе H.323

Исторически первой рекомендацией для создания сетей IP-телефонии стала рекомендация H.323 МСЭ (ITU-T). Набор рекомендаций H.32x указывает состав сети, основные компоненты, протоколы требуемые для построения пакетной сети для обмена мультимедийной информацией. МСЭ (ITU-T) большей мерой работал в области телефонных сетей, по этим

причинам рекомендация большей мерой описывала процедуры приема и передачи телефонного речевого трафика по пакетным сетям. Сети построенные на основе рекомендации H.323 ориентированы на работу с телефонными сетями общего пользования (ТфОП), и похожи на сети ISDN (Integrated Services Digital Network) объединенные с сетями передачи данных.

Стоит отметить, что полоса пропускания в сетях H.323 используется намного более эффективно, нежели в пакетных сетях, благодаря использованию разнообразных алгоритмов сжатия речевых данных. Стандарт H.323 никоим образом не связан с протоколом сетевого уровня модели OSI - IP (Internet Protocol), однако, на сегодняшний день большинство реализаций основано именно на стеке протоколов TCP/IP. Стандарт H.323 в сетях IP-телефонии определяет четыре основных устройства, которые вместе с общей сетевой структурой позволяют реализовать двусторонние (точка-точка) и многосторонние (точка-много точек) мультимедийные сеансы связи. К ним относятся:

- терминал;
- шлюз;
- привратник;
- устройство управления конференциями.

В отличие от устройств телефонных сетей общего пользования (ТфОП), устройства H.323 не имеют четко определенного и закрепленного места в сети. Устройства подключаются к любой точке IP-сети, но при этом сеть H.323 разбивается на зоны, а каждая зона контролируется своим привратником (Gatekeeper).

Общая архитектура сети IP-телефонии на базе стандарта H.323 представлена на рисунке ниже.

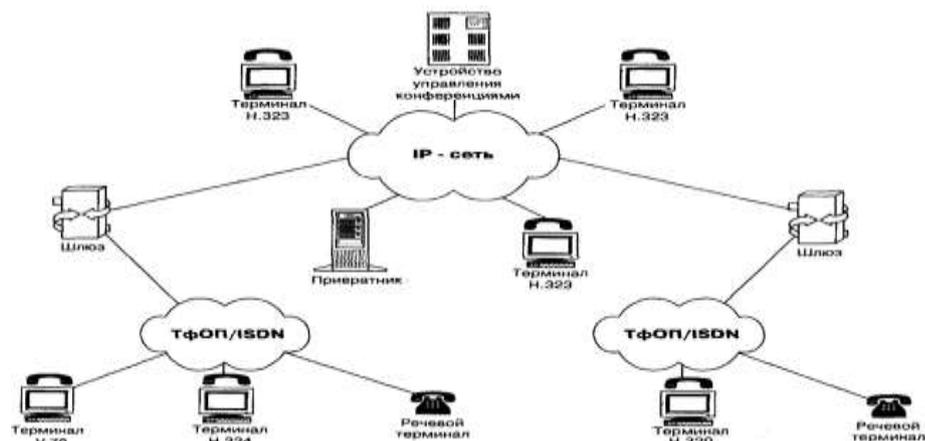


Рисунок 1.1. Архитектура сети IP-телефонии на базе стандарта H.323.

Терминал H.323.

Терминал H.323 является оконечным устройством сети IP-телефонии, которое в ходе эксплуатации обеспечивает двухстороннюю мультимедийную (аудио и/или видео) связь с другим удаленным терминалом, шлюзом или устройством управления конференциями. Основной функцией терминала является передача мультимедийной информации. Терминал играет важную роль, поскольку его возможности определяют набор услуг IP-телефонии, которыми может пользоваться абонент. Также терминал достаточно весомо влияет на общее качество связи. Структурная схема терминала H.323 представлена на рисунке ниже. Терминалом для сети H.323 может выступать как обычный телефонный аппарат, с которого А-абонент совершает соединение с шлюзом с помощью карточек предоплаты так и персональный компьютер с установленным мультимедийными утилитами (например, 11yebeam). В современном мире телекоммуникаций появилось понятие упрощенных терминалов H.323, которые поддерживают аудио или факсимильную связь согласно H.323, но не поддерживают весь функционал стандартного H.323 терминала.

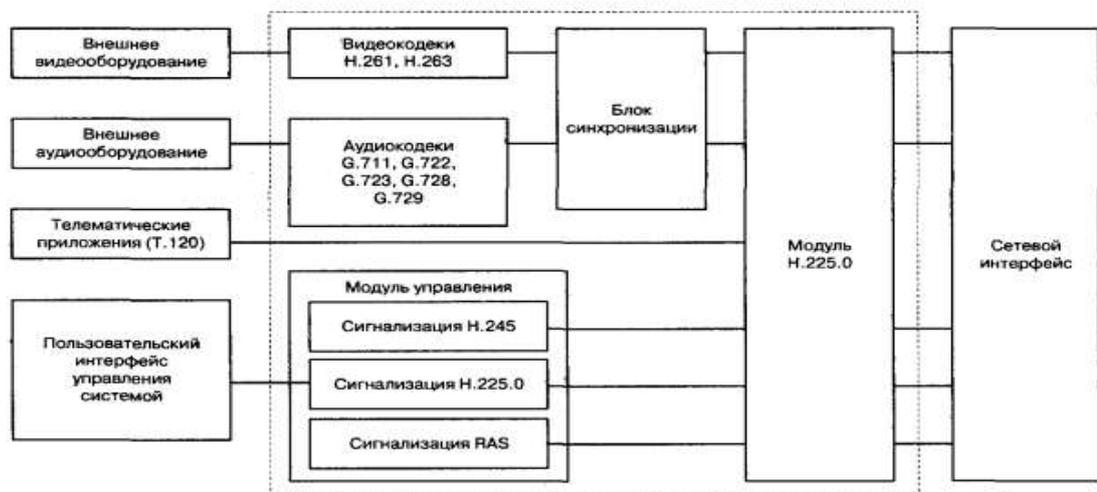


Рисунок 1.2. Терминал в сети стандарта H.323.

Рассмотрим основные элементы терминала H.323. Пользовательский интерфейс управления системой предоставляет абоненту возможность совершать и принимать вызовы, конфигурировать параметры работы устройства в целом.

Модуль управления поддерживает три типа сигнализации по протоколам: H.225, H.245, RAS. Модуль отвечает за регистрацию терминала на привратнике (Gatekeeper), установление и завершение соединений, обмен данными, необходимыми для установления мультимедийных каналов, предоставление дополнительных услуг и техническое обслуживание.

Телематические приложения отвечает за передачу абонентских данных, статических изображений, прочих файлов, а также доступ к БД (базам данных). В качестве примера таким протоколом является T.120, часто используемый в VoIP сетях.

Модуль H.225.0 отвечает за преобразование мультимедийной пользовательской информации и сигнальной информации в вид, необходимый для передачи по IP сетям, и наоборот. Также, функциями данного модуля являются работа с передаваемыми кадрами: разбиение информации на логические кадры, нумерация последовательно передаваемых кадров, поиск и исправление ошибок.

Сетевой интерфейс отвечает за гарантированную передачу служебных сообщений протокола H.245, сигнальных сообщений H.225.0 (Q.931) и пользовательских данных по транспортному протоколу TCP с гарантированной доставкой и негарантированную доставку речевой и видеоинформации, а также сообщений RAS по транспортному протоколу UDP.

Блок синхронизации вносит задержку на приемной стороне для установления синхронизации источника информации с получателем, согласование аудио- и видео-каналов и сглаживание джиттера.

Видеокодеки кодируют видеоинформацию, поступающую видеокамеры или иного источника видеосигнала, для ее передачи по IP сети и декодируют сигналы, поступающие со стороны IP сети, для последующего воспроизведения видеоинформации на конечном устройстве.

Аудиокодеки кодируют аудиоинформацию, поступающую от микрофона или других источников аудио-сигнала для ее передачи по IP сети, и декодируют сигналы, поступающие со стороны IP сети, для последующего воспроизведения видеоинформации на конечном устройстве [14].

1.2.

Архитектура VoIP сетей на базе SIP

Протокол SIP (Session Initiation Protocol) является одним из основных протоколов IP-телефонии, описания которого содержатся в рекомендациях RFC 2543. Протокол SIP описывает процесс установление и завершение мультимедийных сеансов связи. Под мультимедийными сеансами связи понимаются сеансы связи, которые позволяют абонентам обмениваться между собой аудио, видео и текстовой информацией и устанавливать режим конференции. SIP первоначально разрабатывался и совершенствовался в рамках IETF – главного органа стандартизации приложений сети Интернета.

В основу протокола SIP заложены следующие базовые принципы:

- Простота.
- Мобильность.
- Масштабируемость сети.

- Совместимость с базовыми протоколами сети Интернет.
- Независимость от транспортного уровня.
- Взаимодействие с другими сигнальными протоколами.
- Простота протокола SIP заключается в реализации архитектуры клиент-сервер и ограниченном количестве методов (6 методов).

Использование протокола SIP предоставляет пользователю мобильность, т.е. абонент может подключаться и получать набор необходимых услуг из любой точки сети. Процедура основана на предоставлении пользователю уникального идентификатора, используя который, абонент проходит авторизацию при помощи части сервера REGISTER.

Масштабируемость сети характеризуется возможностью увеличения количества устройств в сети, в частности абонентских, при ее расширении, без изменения глобальной конфигурации.

SIP разрабатывался комитетом IETF в рамках реализации проекта по передаче мультимедийной информации по пакетным сетям. Поэтому была заложена функция взаимодействия протокола SIP с протоколами RTP (Real-time Transport Protocol), RSVP (Resource ReSerVation Protocol) (протокол резервирования ресурсов), RSTP (RapidSpanning Tree Protocol) (протокол передачи потока информации в реальном времени), SDP (протокол описания параметров связи).

Протокол SIP является независимым от транспортного уровня. Может использоваться поверх любых транспортных технологий. Протокол SIP полностью соответствует прикладному уровню модели OSI. В качестве протокола транспортного уровня может использоваться как TCP так и UDP. В этом заключается выгодное отличие протокола SIP в сравнении с H.323, который распределен по нескольким уровням модели OSI.

В протоколе SIP реализована возможность взаимодействия с другими сигнальными протоколами как сетей IP-телефонии и так и ТфОП (Телефонных сетей общего пользования) [15].

2. Стеки протоколов. Качество передачи в сетях VoIP

Ранее мы рассматривали протоколы, касающиеся одной из ключевых проблем VoIP — установления, поддержания и прекращения мультимедийного соединения в условиях составной сети, одна часть которой (или несколько) работает по протоколу ТфОП, а другая (или другие) по протоколу IP.

Оба элемента такой сети являются в значительной степени антиподами: ТфОП создавалась как сеть передачи аналоговых речевых сигналов, в некоторой степени толерантных к ошибкам, но очень чувствительных к задержке и ее вариации (jitter), тогда как сеть на базе протокола IP появилась и развилась как сеть передачи данных, терпимая к задержке, зато чувствительная к ошибкам.

Таким образом, необходимо приспособить часть сети VoIP, работающую по протоколу IP, для передачи стандартного телефонного сигнала. Более того, в связи с появлением приложения IPTV сеть VoIP должна качественно передавать не только речевую, но и видеоинформацию. Говоря кратко, перед сетью VoIP стоит задача обеспечения качества доставки (Quality of Service, QoS) мультимедийной информации. Заметим, что требования к качеству доставки пакетной информации зависят от типа приложения.

Так, некоторые приложения устойчивы к потере пакетов, причем небольшую их часть можно даже восстановить на основе принятых данных. К такому типу относится большая часть мультимедийных приложений, в первую очередь аудио- и видеоприложения. Допустимый процент потери пакетов не должен, как правило, превышать 1%. В то же время для таких видов мультимедийного трафика, как сжатые аудио- и видеосигналы, характерна очень большая чувствительность к потере пакетов, и для них даже 1% является недопустимым.

Далее, необходимо учитывать существующие механизмы, посредством которых можно обеспечить требуемое качество доставки конкретного

мультимедийного приложения. Эти механизмы будут обсуждаться на примере телефонного соединения VoIP.

Проблемы качества соединения VoIP уже упоминались во многих работах, посвященной протоколам VoIP, где говорилось о двух работающих совместно ключевых протоколах надежной доставки пакетной информации реального времени — о транспортном протоколе реального времени (RTP, Real-Time Transport Protocol), предоставляющем транспортные услуги мультимедийным приложениям, и управляющем протоколе реального времени (Real-time Control Protocol, RTCP), который обеспечивает управление потоком данных и контроль перегрузки.

Надо сказать, что не существует точной оценки качества ни речевого, ни телевизионного сигнала, поскольку оно зависит от восприятия человека, т.е. такая оценка в значительной степени субъективна. На помощь приходит статистика. Например, для оценки качества речи была предложена так называемая средняя экспертная оценка (Mean Opinion Score, MOS). Она формируется на основе большого числа испытаний, в каждом из которых участвует множество экспертов. Возможные значения MOS находятся в пределах от 1 до 5. Средний показатель с цифрой 4 соответствует хорошему качеству речевого соединения, менее 3,5 означает неудовлетворительное качество.

На рисунке 1.3 приведены логические оценки качества телефонного сигнала, соответствующие разным областям значений MOS. Оценивать можно и с помощью коэффициента R в процентах. Если R превышает 93%, значит, качество передачи телефонного сигнала хорошее. Абонент замечает ухудшение качества при значениях R менее 70%.

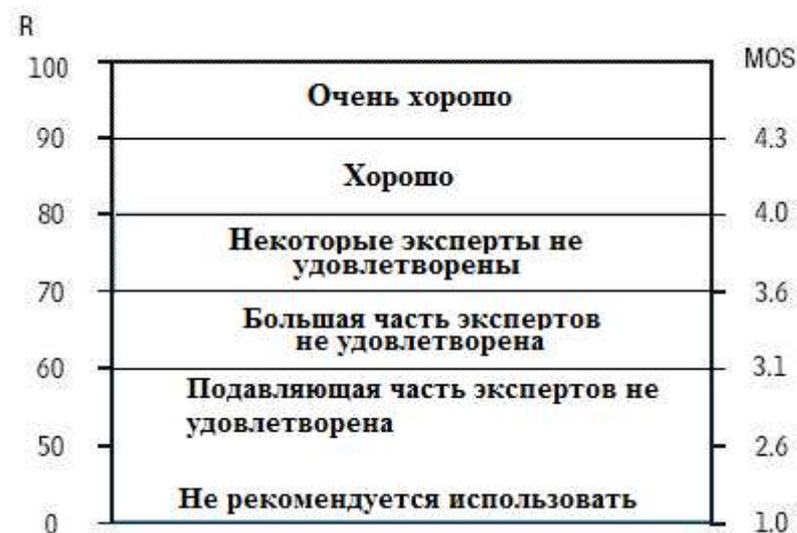


Рисунок 1.3. Логические оценки качества телефонного сигнала.

При наличии стойкой тенденции уменьшения значений MOS и R обычно проводится детальное тестирование соединения с целью определения возможной причины ухудшения показателей.

Важно отметить, что качество телефонного соединения зависит от условий, в которых находятся пользователи.

Применительно к соединению VoIP MOS дает интегральную оценку влияния на качество речи таких факторов, как вносимая задержка, ее вариация, потеря пакетов, эхо, условия помещения и др.

Задержка пакетов (delay/latency) зависит от множества факторов, включая методы обработки и преобразования сигнала, свойства сетевого оборудования, используемой среды передачи и т.д.

Для достижения удовлетворительного качества время задержки пакетов соединения VoIP не должно превышать 150 мс. Правда, нередко в соединении VoIP присутствуют спутниковые участки со временем задержки до 500 мс, однако не все пользователи замечают это, а некоторые достаточно успешно адаптируются.

Задержка в сетях VoIP складывается из четырех составляющих:

- задержка распространения (propagation delay) вследствие конечной скорости распространения сигнала в среде передачи (меди, волокне, спутниковой линии и др.);

- задержка пакетов в сетевых устройствах (handling delay), когда требуется время для формирования пакетов, сжатия, коммутации и т.д.;
- задержка при преобразовании битов в байты на интерфейсах (serialization delay), которая, как правило, существенно меньше двух первых составляющих;
- специфическая для пакетных сетей «задержка в очереди» (queuing delay), возникающая при задержке пакетов, вызванная перегрузкой сети.

Вариация задержки в соединении VoIP является результатом флуктуации времени отправления и прибытия пакетов. Если два узла не подключены к одному коммутатору, то возможно изменение задержки от пакета к пакету. Когда соединение перегружено, вариация задержки растет. Для таких приложений, как загрузка файлов и серфинг в Web, это, как правило, не так уж и важно. Однако потоковое видео и IP-телефония очень чувствительны к величине вариации. Для борьбы с ней обычно используют специальные буферы памяти, что остается эффективным лишь до определенного предела, поскольку буфер большей емкости увеличивает общее время задержки пакетов. Так, увеличение емкости буфера до 300 мс может заметно ухудшить качество соединения VoIP.

Таким образом, хотя время задержки и ее вариация являются принципиально разными понятиями, они взаимосвязаны. Допустимая величина вариации задержки лежит в диапазоне от 100 до 150 мс.

Буферы для компенсации вариации задержки бывают двух типов — статический и динамический. «Динамический» обычно увеличивает свою емкость, опираясь на результаты анализа вариации задержки нескольких последних пакетов.

Потеря пакетов может быть причиной ухудшения качества соединения VoIP. Сброс (потеря) пакетов чаще всего возникает при перегрузке соединений и приводит к пропаданию целых фрагментов данных из потока передачи, нарушению соединений и другим проблемам. Более того, возможна повторная передача сброшенных пакетов, что только усугубляет проблему.

Все время работы соединения VoIP можно условно разбить на два периода — потери отдельных пакетов и потери множества соседних пакетов. Сброс отдельных пакетов (gap) практически не влияет на качество соединения, поскольку имеющиеся методы позволяют это скрыть. Параметрами gap являются плотность, т.е. отношение длительности соответствующего интервала к общему времени разговора, процент потерянных пакетов за определенный период и его средняя длительность.

Сброс большого числа соседних пакетов обычно происходит на участках высокой плотности, когда пакеты передаются пачками (burst). В подобных ситуациях качество соединения VoIP может серьезно ухудшиться. Оценкой этого параметра является процентное содержание пачек пакетов во время соединения, а также плотность пачек, т.е. средний процент потерянных пакетов в пачке.

Для восстановления используется целый ряд механизмов (см. рисунок 1.4). Если пакет не принят в ожидаемое время (оно может быть переменным), то считается потерянным и заменяется последним успешно принятым пакетом. Поскольку потеря пакета приводит к утрате всего 20 мс речевого сигнала, то абонент не заметит замены. Такой механизм называется «стратегией скрытия» (Concealment Strategy). При ее использовании для кодеров G.729, согласно неписаному правилу, допускается потеря до 5% пакетов в сеансе связи. Следует отметить, что указанный механизм эффективен только при потере отдельных пакетов.

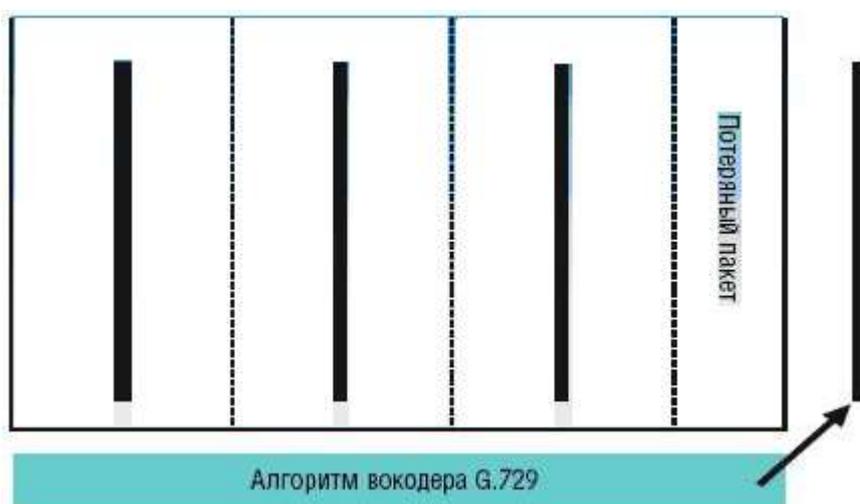


Рисунок 1.4. Использование алгоритмов для восстановления пакета.

Эхо при разговоре нередко приводит к существенному ухудшению качества телефонного разговора. Основным источником этого явления в традиционной ТФОП является отраженный сигнал в дифференциальной системе Hybrid местной АТС, где происходит стык четырехпроводной части телефонного соединения с двухпроводной абонентской линией собеседника.

В традиционной ТФОП применяются так называемые эхоподавители (Echo Cancellers). Эхо характеризуется громкостью и длительностью — чем больше эти показатели, тем неприятней эффект. Допустимым считается величина запаздывания порядка 25 мс.

В современных пакетных сетях эхоподавители встраиваются в низкоскоростные речевые кодеки. Основным параметром таких устройств является время ожидания приема отраженного сигнала (Echo Tail), реальные значения которого могут составлять 16, 24, 32, 64 и 128 мс. Очень важно точно сконфигурировать величину ожидания при первоначальной настройке оборудования VoIP. Если величина времени срабатывания эхоподавителя установлена неточно, то участники разговора будут слышать собственное эхо.

Для предотвращения вредного влияния эха используются два типа устройств — эхозаградители и эхокомпенсаторы. Первые более простые, принцип их действия состоит в отключении канала передачи при наличии в нем приёма речевого сигнала. Эхокомпенсаторы обеспечивают более эффективное и надёжное подавление вредных эффектов эха за счёт моделирования эхосигнала и вычитания его из принимаемого сигнала.

Компрессия речевого сигнала.

Обязательным этапом преобразования аналогового речевого сигнала является его компрессия, которая позволяет уменьшить требуемую пропускную способность. Его сжатие оказывается возможным благодаря статистическим свойствам аналогового речевого сигнала и его избыточности. Так, уже в первых речевых кодеках типа ИКМ учитывалось, что в речевом сигнале большие амплитуды встречаются гораздо реже, чем малые. Поэтому использование 8-

разрядного кодека ИКМ с логарифмической шкалой преобразования амплитуд речи обеспечивает такое же качество речевого сигнала, как и 12-разрядный кодек ИКМ с линейной шкалой преобразования амплитуд. При подобном сжатии достаточно пропускной способности 64 Кбит/с.

В другом, более эффективном кодеке ADPCM ITU-T G.726 с адаптивной дифференциальной ИКМ (АДИКМ) применяется 4-разрядное кодирование, причём кодированию подлежат не сами отсчёты аналогового речевого сигнала, а только разность между текущим отсчётом и некоторой величиной, определяемой на основании анализа нескольких предыдущих отсчётов. Такое кодирование называют дифференциальным кодированием, или линейным предсказанием. Этот метод позволяет уменьшить требуемую пропускную способность до 32 Кбит/с.

Описанные два типа кодеков кодируют огибающую речевого сигнала и называются кодеками формы сигнала (Waveform Codec).

Примерно 15 лет назад появились кодеки с параметрическим кодированием (Source Codec) и более эффективными методами компрессии речи. Используемые в них процедуры сжатия речи генерируют информацию об основных параметрах источника речи и требуют меньшей пропускной способности по сравнению с кодеками ИКМ и АДИКМ.

В зависимости от способа формирования информации об источнике речевого сигнала кодеки этого типа представляют собой различные вариации алгоритмов с линейным кодированием и предсказанием (Linear Predictive Coding, LPC), с линейной предварительной компрессией (Code Excited Linear Prediction Compression, CELP) и с использованием критерия максимального правдоподобия (Multipulse, Maximum Likelihood Quantization, MP-MLQ) (см. Таблицу 1.1).

Таблица 1.1

Максимальная правдоподобия кодеков

Метод компрессии	Требуемая пропускная	Длительность кадра (мс)	Оценка MOS
------------------	----------------------	-------------------------	------------

Речевого сигнала	способность, Кбит/с		
G.711 PCM	64	0.125	4.1
G.726 ADPCM	32	0.125	3.85
G.728 LD-CELP	15	0.625	3.6
G.729 CS-ACELP	8	10	3.9
G.729a CS-ACELP	8	10	3.7
G.723.1 MP-MLO	6.3	30	3.9
G.723.1 ACELP	5.3	30	3.65

Выше рассматривали показатели качества речи MOS (ITU-T P.800 и P.830) и R-фактор. Единственный недостаток этих методов — необходимость привлечения многочисленных экспертов, что весьма дорого. К уже перечисленным особенностям R-фактора, методика определения которого называется E-моделью, следует добавить три основных вида оценки R-фактора:

- оценка RCQE качества дуплексного соединения VoIP, учитывающая все возможные причины ухудшения качества соединения;
- оценка R LQE качества соединения воспринимающим речь абонентом, при которой время задержки соединения не учитывается;
- оценка RNPE качества только сетевой части соединения RNPE, не учитывающая ухудшения речи, вносимой кодеками. Она позволяет выделить ухудшения, вносимые пакетной передачей.

Измерения MOS и R-фактора основаны на использовании реального речевого сигнала, а он оценивается на приёмном конце соединения. Поэтому эти методы называют односторонними методами в реальном времени (Real-Time, Single-Ended).

Кроме методов MOS и R-фактора существует другая группа методов, основанных на передаче по соединению образцов реального или моделируемого (ITU-T P.50) речевого сигнала, которые на приёме сравниваются с образцами тех же сигналов. Это двусторонние методы без учета реального времени (Non Real-Time, Two-Ended).

К данной группе методов принадлежат:

- Perceptual Speech Quality Measurement (PSQM), приведенный в рекомендации P.861 ITU-T, для тестирования кодеков. Ранее этот алгоритм применялся для оценки качества голоса, хотя он нечувствителен к задержке, потерям, вариации задержке и потере пакетов;
- Perceptual Evaluation of Speech Quality (PESQ), который также рекомендован P.862 ITU-T для оценки кодеков, однако, в отличие от PSQM, он позволяет оценить и основные характеристики работы реального соединения VoIP;
- Perceptual Analysis and Measurement System (PAMS), объединяющий достоинства двух предыдущих методов.

3. Обзор стандартов семейства IEEE 802.11

Комитет по стандартам IEEE 802 сформировал рабочую группу по стандартам для беспроводных локальных сетей 802.11 в 1990 году. Эта группа занялась разработкой всеобщего стандарта для радиооборудования и сетей, работающих на частоте 2,4 ГГц, со скоростями доступа 1 и 2 Mbps (Megabits-per-second). Работы по созданию стандарта были завершены через 7 лет, и в июне 1997 года была ратифицирована первая спецификация 802.11. Стандарт IEEE 802.11 являлся первым стандартом для продуктов WLAN от независимой международной организации, разрабатывающей большинство стандартов для проводных сетей. Однако к тому времени заложенная первоначально скорость передачи данных в беспроводной сети уже не удовлетворяла потребностям пользователей. Для того, чтобы сделать технологию Wireless LAN популярной, дешёвой, а главное, удовлетворяющей современным жёстким требованиям бизнес-приложений, разработчики были вынуждены создать новый стандарт.

В сентябре 1999 года IEEE ратифицировал расширение предыдущего стандарта. Названное IEEE 802.11b (также известное, как 802.11 High rate), оно определяет стандарт для продуктов беспроводных сетей, которые работают на скорости 11 Mbps (подобно Ethernet), что позволяет успешно применять эти

устройства в крупных организациях. Совместимость продуктов различных производителей гарантируется независимой организацией, которая называется Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA). Эта организация была создана лидерами индустрии беспроводной связи в 1999 году. В настоящее время членами WECA являются более 80 компаний, в том числе такие известные производители, как Cisco, Lucent, 3Com, IBM, Intel, Apple, Compaq, Dell, Fujitsu, Siemens, Sony, AMD и пр. С продуктами, удовлетворяющими требованиям Wi-Fi (термин WECA для IEEE 802.11b), можно ознакомиться на сайте WECA. Потребность в беспроводном доступе к локальным сетям растёт по мере увеличения числа мобильных устройств, таких как ноутбуки и PDA, а также с ростом желания пользователей быть подключенными к сети без необходимости "втыкать" сетевой провод в свой компьютер [4].

3.1.

Стандарт IEEE 802.11a

Этот диапазон не требует лицензирования и зарезервирован для использования в промышленности, науке и медицине (ISM), однако при использовании технологии расширения спектра DSSS на частотах около 2,4 ГГц могут возникать проблемы из-за помех, порождаемых другими бытовыми беспроводными устройствами, в частности микроволновыми печами и радиотелефонами. Кроме того, современные приложения и объёмы передаваемых по сети данных нередко требуют большей пропускной способности, чем может предложить стандарт 802.11b. Выход из создавшегося положения предлагает стандарт 802.11a (таблица 1.2), рекомендуемый передачу данных со скоростью до 54 Мбит/сек в частотном диапазоне 5 ГГц (от 5,15 до 5,350 ГГц и от 5,725 до 5,825 ГГц). В США данный диапазон именуют диапазоном нелицензионной национальной информационной инфраструктуры (Unlicensed National Information Infrastructure, UNII).

Частотный диапазон стандарта IEEE 802.11a

Диапазон	Частоты, ГГц	Ограничение по мощности, мВт
UNII	5.150-5.250	50
UNII	5.250-5.350	250
UNII	5.725-5.825	1000
ISM	2.400-2.4835	1000

Данная версия является как бы «боковой ветвью» основного стандарта 802.11. Для увеличения пропускной способности канала здесь используется диапазон частот передачи 5,5 ГГц. Для передачи в 802.11a используется метод множества несущих, когда диапазон частот разбивается на подканалы с разными несущими частотами (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), по которым поток передается параллельно, разбитым на части. Использование метода квадратурной фазовой модуляции позволяет достичь пропускной способности канала 54 Мбит/сек [4].

3.2. Стандарт IEEE 802.11b

Между кабельными сетями Ethernet и беспроводными сетями Radio Ethernet есть много общего, но много и различий. Это и понятно — разные среды передачи данных требуют принципиально различного подхода к способам передачи и кодирования данных, то есть к непосредственной подготовке данных для передачи. Поэтому основные различия между кабельными и беспроводными сетями сконцентрированы на так называемом физическом подуровне (Physical Layer, PHY) и подуровне доступа к среде передачи данных (Medium Access Control, MAC). В соответствии с эталонной моделью сетевых взаимодействий OSI (Open System Interconnection), именно на этих подуровнях данные формируются и кодируются нужным образом для дальнейшей передачи по сети.

Теоретические аспекты функционирования сетей Radio Ethernet регламентированы стандартами IEEE 802.11 и IEEE 802.11b. Именно в этих стандартах определяется порядок организации беспроводных сетей на уровне

доступа к среде передачи данных (MAC-уровень) и на физическом уровне (PHY-уровень). Изначально стандарт IEEE 802.11 предполагал возможность передачи данных по радиоканалу на скорости 1 Мбит/с и опционально на скорости 2 Мбит/с. В более поздней версии — IEEE 802.11b, фактически являющейся дополнением к основному стандарту, определяется скорость передачи 1, 2, 5,5 и 11 Мбит/с.

Физический уровень.

Начнем с рассмотрения физического уровня. Стандартом IEEE 802.11b предусмотрено использование частотного диапазона от 2,4 до 2,4835 ГГц, который предназначен для безлицензионного использования в промышленности, науке и медицине. Разрешение выдается изготовителю и передается заказчику после приобретения продукта в виде сертификата. Здесь следует заметить, что в России использование этого частотного диапазона, кроме сертификатов, требует получения разрешения от Государственного комитета по радиочастотам (ГКРЧ).

На физическом уровне стандартом IEEE 802.11 предусмотрено два типа радиоканалов (DSSS и FHSS), которые различаются способом модуляции, но используют одну и ту же технологию расширения спектра.

Скорости передачи протокола IEEE 802.11.

Кодирование DSSS/DPSK Столь пристальное внимание фазовой модуляции мы уделили потому, что именно она используется в протоколе IEEE 802.11 для кодирования данных. При передаче данных на скорости 1 Мбит/с используется двоичная относительная фазовая модуляция (DBPSK). При этом сам информационный единичный бит передается 11-чиповой последовательностью Баркера, а нулевой бит — инверсной последовательностью Баркера. Поэтому, сама относительная фазовая модуляция применяется именно к отдельным чипам последовательности.

Учитывая, что ширина спектра прямоугольного импульса обратно пропорциональна его длительности, а точнее, $2/T$ нетрудно посчитать, что при информационной скорости 1 Мбит/с скорость следования отдельных чипов

последовательности Баркера составит 11 Мчип/с, а ширина спектра такого сигнала — 22 МГц, так как длительность одного чипа составляет 1/11 мкс.

Информационная скорость 1 Мбит/с является обязательной в стандарте IEEE 802.11 (basic access rate), но опционально возможна передача и на скорости 2 Мбит/с (enhanced access rate). Для передачи данных на такой скорости также используется относительная фазовая модуляция, но уже квадратурная (DQPSK). Это позволяет в два раза повысить информационную скорость передачи. При этом ширина самого спектра остается прежней, то есть 22 МГц.

В стандарте 802.11b, кроме 1 и 2 Мбит/с обязательными являются также скорости 5,5 и 11 Мбит/с, на таких скоростях используется уже несколько иной способ расширения спектра [4].

3.3. Стандарт IEEE 802.11e

Спецификации разрабатываемого стандарта 802.11e позволяют создавать мультисервисные беспроводные ЛС, ориентированные на различные категории пользователей, как корпоративных так и индивидуальных. При сохранении полной совместимости с уже принятыми стандартами 802.11a и b, он позволит расширить их функциональность за счет поддержки потоковых мультимедиа-данных и гарантированного качества услуг (QoS).

802.11e это поправки к стандарту [IEEE 802.11](#), которые определяют серию улучшений [Quality of Service](#) для приложений, работающих в [WLAN](#) сетях. Данные поправки изменяют [Media Access Control](#) (MAC) уровень стандарта [IEEE 802.11](#). Стандарт заботится о чувствительных к задержкам приложениях, таких как Voice over Wireless IP и [Streaming Multimedia](#). 802.11e расширяет DCF и PCF, двумя новыми функциями координации: Enhanced DCF (EDCF) и Hybrid Coordination Function (HCF) (HCF может быть названа Enhanced PCF). И EDCF, и HCF определяют Traffic Classes (TC, Классы Трафика). Например, электронные письма могут быть отнесены к трафику с низким приоритетом, а Voice over Wireless IP (VoWIP) к высокому.

EDCF. С EDCF трафик с высоким приоритетом имеет больший шанс быть отправленным, чем трафик с более низким. В среднем, станция с трафиком более высокого приоритета ждет немного меньше перед отправкой пакета, чем станция с трафиком меньшего приоритета. Реальных гарантий нет, но это наилучший получившийся вариант QoS. В силу легкого применения и настройки, множество людей выбрало эту функцию координации.

HCF. HCF работает во многом схоже с PCF: интервалы между сигнальными фреймами делятся на два периода, CFP и CP. Во время CFP, Hybrid Coordinator (HC, обычно AP) контролирует доступ в эфир. А во время CP, все станции функционируют по EDCF. Главное различие от PCF заключается в том, что присутствуют Traffic Classes (TC). Также HC может координировать трафик любым выбранным им способом (а не только циклически). Кроме того станции дают информацию о длине их очередей для каждого TC. HC может использовать эту информацию для того, чтобы дать одной станции больший приоритет. Другое отличие заключается в том, что станциям дается Transmit Opportunity (TXOP): они могут посылать несколько пакетов друг за другом, в выделенный им период времени выбранный HC. Во время CP, HC может оставить себе контроль над доступом в эфир, посылая CF-Roll пакеты станциям. Вкратце, HCF это наиболее продвинутая (и сложная) функция координации. С HCF, QoS может быть настроен очень точно: такие вещи, как контроль пропускной способности, справедливость среди станций, классы трафика, дрожание, и многие другие могут быть сконфигурированы в HC.

Любая AP совместимая с 802.11e, должна поддерживать ECDF и HCF. Различие между 802.11e AP-ми будет заключаться в QoS для разных TC: некоторые например, могут поддерживать только базовые возможности настройки контроля пропускной способности, в то время как другие могут пойти дальше и дать возможность контролировать дрожание [4].

Если на канальном уровне все беспроводные сети семейства 802.11 имеют одну и ту же архитектуру, то физический уровень для сетей разных стандартов различен. Именно на физическом уровне определяются возможные скорости соединения и методы модуляции и физического кодирования при передаче данных.

Стандарт IEEE 802.11g предусматривает различные скорости соединения: 1; 2; 5,5; 6; 9; 11; 12; 18; 22; 24; 33; 36; 48 и 54 Мбит/с. Одни из них являются обязательными для стандарта, а другие — опциональными. Кроме того, для различных скоростей соединения применяются разные методы модуляции сигнала.

При разработке стандарта 802.11g рассматривались две конкурирующие технологии: метод ортогонального частотного разделения OFDM, заимствованный из стандарта 802.11a и предложенный к рассмотрению компанией Intersil, и метод двоичного пакетного свёрточного кодирования PBCC, опционально реализованный в стандарте 802.11b и предложенный компанией Texas Instruments. В результате стандарт 802.11g содержит компромиссное решение: в качестве базовых применяются технологии OFDM и ССК, а опционально предусмотрено использование технологии PBCC.

Прежде чем переходить к рассмотрению методов модуляции, используемых в 802.11g, отметим, что данным стандартом, как и стандартами 802.11b/b+, предусмотрено применение частотного диапазона от 2,4 до 2,4835 ГГц, который предназначен для безлицензионного использования в промышленности, науке и медицине (Industry, Science and Medicine, ISM). Однако, несмотря на возможность безлицензионного применения данного частотного диапазона, существует жесткое ограничение максимальной мощности передатчика. Поэтому при выборе способов кодирования и модуляции сигнала необходимо решить две основные проблемы.

С одной стороны, скорость передачи в беспроводной сети должна быть как можно более высокой, чтобы конкурировать с проводными сетями и удовлетворять современным потребностям пользователей. Рост скорости

передачи приводит к увеличению ширины спектра, что крайне нежелательно, поскольку частотный диапазон передачи ограничен.

С другой стороны, уровень полезного сигнала должен быть достаточно низким, чтобы не создавать помех другим устройствам в ISM-диапазоне. Таким образом, передаваемый сигнал должен быть едва различим на уровне шума, но в этом случае необходимо разработать алгоритм безошибочного выделения сигнала на уровне шума. Уменьшение мощности передаваемого сигнала достигается за счет использования технологии расширения спектра и «размазывания» сигнала по всему спектру.

Еще одна проблема — это обеспечение должного уровня помехоустойчивости протокола. К сожалению, одновременное выполнение всех перечисленных условий невозможно, поскольку они противоречат друг другу. Таким образом, выбор конкретного метода кодирования и модуляции сигнала — это поиск золотой середины между требованиями высокой скорости, помехоустойчивости и ограничения по мощности передачи.

3.5.

Стандарт IEEE 802.11h

Рабочая группа IEEE 802.11h рассматривает возможность дополнения существующих спецификаций 802.11 MAC (уровень доступа к среде передачи) и 802.11a PHY (физический уровень в сетях 802.11a) алгоритмами эффективного выбора частот для офисных и уличных беспроводных сетей, а также средствами управления использованием спектра, контроля за излучаемой мощностью и генерации соответствующих отчетов.

Предполагается, что решение этих задач будет базироваться на использовании протоколов Dynamic Frequency Selection (DFS) и Transmit Power Control (TPC), предложенных Европейским институтом стандартов по телекоммуникациям (ETSI). Указанные протоколы предусматривают динамическое реагирование клиентов беспроводной сети на интерференцию радиосигналов путем перехода на другой канал, снижения мощности либо обоими способами.

Разработка данного стандарта связана с проблемами при использовании 802.11a в Европе, где в диапазоне 5 ГГц работают некоторые системы спутниковой связи. Для предотвращения взаимных помех стандарт 802.11h имеет механизм "квазиинтеллектуального" управления мощностью излучения и выбором несущей частоты передачи. Спецификация 802.11i Целью создания данной спецификации является повышение уровня безопасности беспроводных сетей. В ней реализован набор защитных функций при обмене информацией через беспроводные сети - в частности, технология AES (Advanced Encryption Standard) - алгоритм шифрования, поддерживающий ключи длиной 128, 192 и 256 бит. Предусматривается совместимость всех используемых в данное время устройств - в частности, Intel Centrino – с 802.11i-сетями [4].

3.6.

Стандарт IEEE 802.11n

Институт инженеров по электротехнике и электронике (IEEE) одобрил создание рабочей группы 802.11n. Целью группы стала разработка нового физического уровня (PHY) и уровня доступа к среде передачи (MAC), которые бы позволили достичь реальной скорости передачи данных, как минимум, 100 Мбит/с. То есть увеличить её в сравнении с существующими сегодня решениями примерно в четыре раза (мы имеем в виду реальную пропускную способность). Всё это, вместе с обратной совместимостью с существующими стандартами, должно будет не только сделать работу в беспроводных сетях более комфортной, но и обеспечить достаточный запас скорости на ближайшее будущее.

Таблица 1.3

Сравнение скорости различных стандартов

Стандарт	Скорость работы	Реальная скорость передачи данных
802.11a	54 Мбит/с	25 Мбит/с
802.11b	11 Мбит/с	5 Мбит/с
802.11g	54 Мбит/с	25 Мбит/с
802.11n	200+ Мбит/с	100+ Мбит/с
802.11r		

Самое непосредственное участие в разработке и процессе развития стандарта принимает компания Intel, которая возглавила комитет, разрабатывающий основу для реализации стандарта, также в сферу деятельности компании входит разработка уровней MAC и PHY и другие аспекты. Безусловно, Intel сегодня является технологическим лидером в этой области, однако для разработки окончательных спецификаций стандарта необходимы усилия многих компаний.

3.7.

Стандарт IEEE 802.11r

Данный стандарт предусматривает создание универсальной и совместимой системы роуминга для возможности перехода пользователя из зоны действия одной сети в зону действия другой.

Из всего перечня стандартов выделяются 2 группы:

- Стандарты, которые определяют именно каналы связи: a,b,g,n.
- Стандарты, которые определяют средства безопасности: f, i.

3.8. Стандарты IEEE 802.11j и 802.11c

Спецификация предназначена для Японии и расширяет стандарт 802.1a добавочным каналом 4,9 ГГц.

Стандарт, регламентирующий работу беспроводных мостов. Данная спецификация используется производителями беспроводных устройств при разработке точек доступа.

Выводы по главе I

Передача голоса по IP и беспроводные локальные сети — две технологии, в последние годы переживающие стадию стремительного развития. Обе воспринимаются в корпоративной области как очень требовательные: аспекты безопасности трафика данных и необходимый уровень качества передачи голоса в реальном времени приходится рассматривать в контексте

ограниченной пропускной способности распространенных радиостандартов IEEE 802.11b и 802.11g в пределах отдельных радиоячеек. Благодаря успеху протокола организации сеанса (Session Initiation Protocol, SIP) для VoIP в комбинации с протоколом передачи данных в реальном времени (Real-Time Transport Protocol, RTP) в рамках телефонной системы становится возможным к тому же объединять компоненты принципиально разных производителей.

В первой главе приведена архитектура VoIP сетей. Также рассмотрены стеки протоколов и вопросы по качества передачи в сетях VoIP.

Кроме этого приведен подробный обзор стандартов семейства IEEE 802.11:

- сети 802.11a;
- сети 802.11b;
- сети 802.11g;
- сети 802.11h,
- 802.11n,
- 802.11r,
- 802.11j и
- 802.11с.

Глава II. Обеспечения качества обслуживания в беспроводных сетях

1. Проблемы обеспечения качества услуг (QoS)

1.1. Концепция качества услуг

Иерархия понятий в области качества услуг (Quality of Service, QoS) приведена на рисунке 2.1 (Рекомендация E.800).

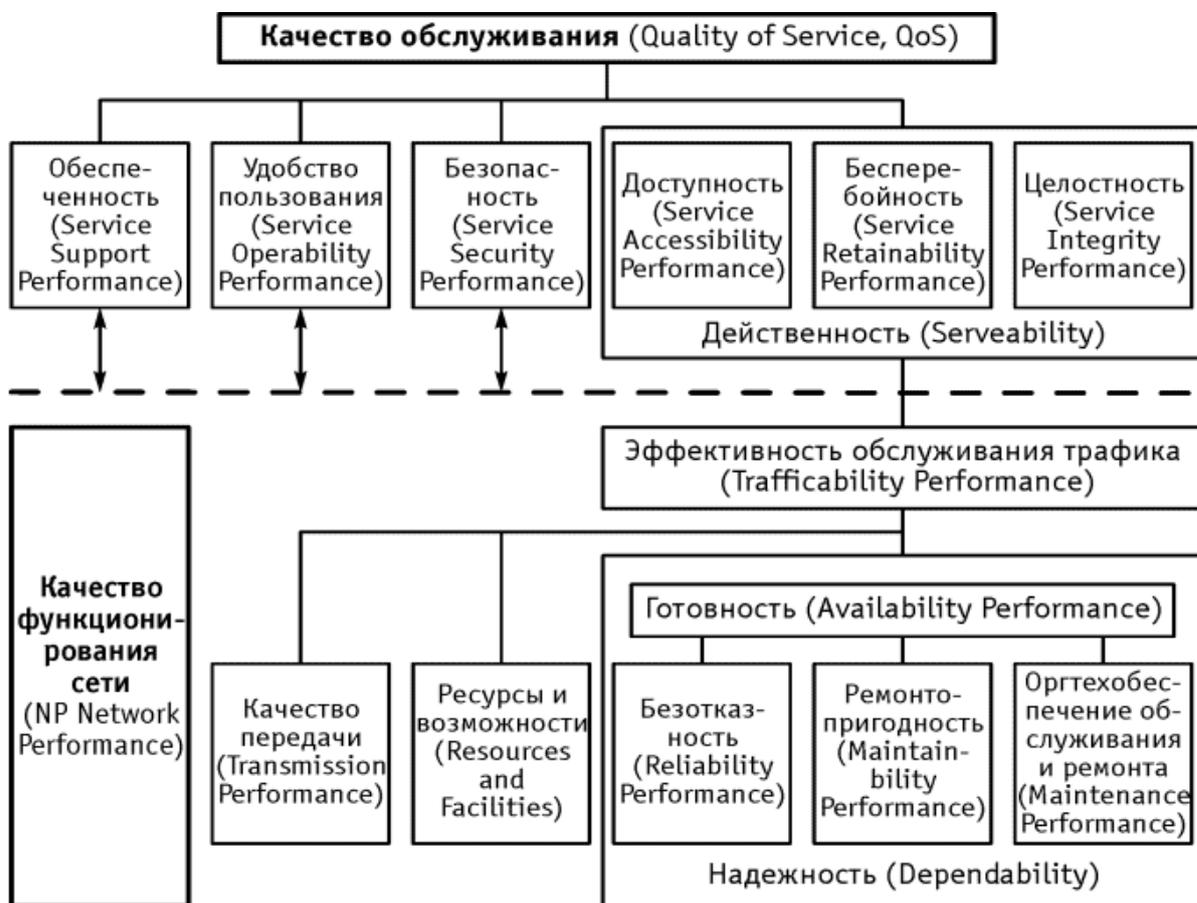


Рисунок 2.1. Иерархия понятий в области качества обслуживания и функционирования телекоммуникационной сети.

Качество обслуживания объединяет понятия: действенность, безопасность, обеспеченность и удобство пользования.

Группа свойств доступность, целостность и непрерывность объединена одним понятием – действенность (выделено прямоугольником в правом верхнем углу на рисунке 2.1).

Качество услуги (обслуживания) рассматривается как совокупность свойств:

- обеспеченности;
- удобства пользования;
- безопасности обслуживания;
- доступности;

- бесперебойности;
- целостности (адекватности информации пользователя при транспортировке через сеть).

Действенность – свойство обслуживания, состоящее в предоставлении услуги на время сеанса всегда, когда это необходимо пользователю.

Сущность свойств, объединенных понятием действенность, определена следующим образом:

Доступность – свойство обслуживания быть предоставленным в любом месте и в момент, когда это необходимо пользователю.

Целостность – способность оператора предоставить услугу без существенного ухудшения качества передачи.

Бесперебойность – способность оператора в определенных условиях эксплуатации обеспечивать предоставленное обслуживание без перерывов в течение требуемого промежутка времени.

Остальные три свойства качества обслуживания раскрываются следующими определениями:

Обеспеченность – способность оператора связи предоставлять набор услуг и оказывать помощь пользователю в их использовании,

Удобство использования – свойство обслуживания, состоящее в простоте использования;

Безопасность – свойство обслуживания быть защищенным от несанкционированного доступа, злонамеренного и неправильного использования, преднамеренной порчи, стихийных бедствий и человеческих ошибок.

Качество функционирования телекоммуникационной сети (Network Performance, NP) характеризует эффективность обслуживания трафика.

Пользователь телекоммуникационной сети обычно не интересуется структурой сети и тем, как предоставляется нужная услуга. В то же время он интуитивно оценивает качество данной услуги, сравнивая его с качеством подобных услуг.

Для обоснования запросов и ожиданий пользователей и оптимизации затрат оператора необходимо обеспечить:

- строгие формулировки терминов, относящихся к качеству услуг;
- представление объективных сведений об ожиданиях и требованиях пользователей и достигнутом оператором уровне качества.

Качество обслуживания определено в Рекомендации ITU-T E.800 как “Суммарный эффект показателей службы, определяющий степень удовлетворенности пользователя обслуживанием”.

Качество обслуживания с точки зрения пользователя может быть выражено совокупностью параметров. Эти параметры *описываются в терминах, понятных как службе, так и пользователю и не зависят от структуры сети*. Они ориентированы по преимуществу на эффект, воспринимаемый пользователем, *должны быть гарантированы пользователю службой и поддаваться объективному измерению в точке доступа к услуге* (Рекомендация ITU-T I.350).

Характеристики сети (NP) определены как способность обеспечения связи между пользователями. Под NP понимают совокупность параметров, которые могут быть рассчитаны и измерены. Характеристики сети используются, прежде всего, владельцем. Они ориентированы на разработку системы, проектирование сети на международном или национальном уровнях, эксплуатацию и техническое обслуживание.

Характеристики (параметры) сети определяют качество обслуживания, воспринимаемое пользователем, но далеко не всегда позволяют содержательно с точки зрения пользователя описать это качество. Примерами таких характеристик сети могут быть: трафик, потери по вызовам, по времени на участке сети, коэффициент эффективных вызовов направления связи и др. Параметры QoS, полезные на этапе проектирования и построения сети, не всегда могут применяться для спецификации характеристик сетевых соединений.

Взаимосвязь между параметрами QoS и NP очевидна. Различия между QoS и NP отражены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Различия между качеством обслуживания и характеристиками сети

Качество обслуживания (QoS)	Характеристики сети (NP)
Ориентировано на пользователя	Ориентированы на оператора сети
Описывается атрибутами услуги	Описываются атрибутами элемента соединения
Ориентировано на эффект, воспринимаемый пользователем	Ориентированы на разработку, проектирование, эксплуатацию и техническое обслуживание
Измеряется между точками (в точках) доступа к услуге	Описывают возможности элементов соединения или сквозных соединений

Определение параметров QoS должно базироваться на событиях и состояниях, которые можно наблюдать в точках доступа к услугам (например, в эталонных точках S или T интерфейса “пользователь–сеть” N-ISDN или в эталонных точках S_b или T_b интерфейса “пользователь–сеть” B-ISDN), вне зависимости от процессов и событий в сети, обеспечивающей обслуживание.

Эталонные точки S и T (S_b и T_b) являются объектами физического уровня (Рекомендации ITU-T I.410, I.411). Через эти точки пользователь имеет универсальный доступ к службам ISDN.

Определение параметров NP должно базироваться на событиях и состояниях, которые можно наблюдать на границах элементов соединения.

Как и многие IEEE 802.11 беспроводных сетей были широко развернуты, с увеличением важности VoIP по беспроводной сети, возникает вопрос по улучшению качества обслуживания (QoS) для трафика VoIP.

Первый стандарт IEEE 802.11 беспроводная локальная сеть (WLAN), была запущена в 1999 году, после этого беспроводные локальные сети 802.11 набирают популярность. Большинство мобильных устройств, таких как

ноутбуки и КПК поддерживают стандарта 802.11, а также беспроводные сети были развернуты в таких местах, как кафе, аэропортах, и торговые центры.

Основные причины его популярности заключаются в следующем: во-первых, IEEE 802.11 WLAN использует нелицензированные каналы в диапазоне 2,4 и 5.0GHz. Во-вторых, развертывание очень прост и его стоимость также является низким. Наконец, он поддерживает высокую скорость передачи данных; 802.11b поддерживает 11 Мб/с и 802.11a / g поддерживает 54МВ/с для передачи данных. Недавний проект IEEE 802.11n поддерживает более 100 Мбит /с с использованием Multi-Input Multi-Output (MIMO) технологии, и совсем недавно разработали 802.11VHT (очень высокая пропускная способность) с пропускной способностью 1 Гбит/с. По указанным выше причинам, в последнее время, во многих городах были установлены свободно доступных точек доступа (AP), на улицах и в парках, так что люди могут использовать беспроводные сети бесплатно без подписки на сервис, который позволяет пользователям подключаться к Интернету в любом месте и в любое время.

В связи с быстрым ростом IEEE 802.11 на основе беспроводных локальных сетей в течение последних нескольких лет, передача голоса по IP (VoIP) стал одним из наиболее перспективных услуг, которые будут использоваться в мобильных устройствах по сети WLAN. VoIP заменяет традиционные телефонные системы из-за легкого развития, низкой стоимости, а также расширенные новых услуг и успешного развертывания VoIP-услуг в фиксированных линий. В настоящее время расширена до VoIP через WLAN.

VoIP в беспроводных сетях IEEE 802.11 означает, что пользователям отправлять голосовые данные через IEEE 802.11 беспроводной локальной сети к точке доступа. Как мы видим на рисунке 2.2, мобильный VoIP клиент взаимодействует с AP и AP подключен к Интернету по-разному. Пользователи могут вызывать другие мобильные клиенты, фиксированный IP-телефон, и даже традиционные телефоны, подключенные через IP-шлюзы. Многие компании производят VoIP мобильные телефоны или КПК, которые поддерживают оба сотовых и беспроводных сетей 802.11. Таким образом,

количество пользователей беспроводного VoIP, как ожидается, увеличится в ближайшем будущем.

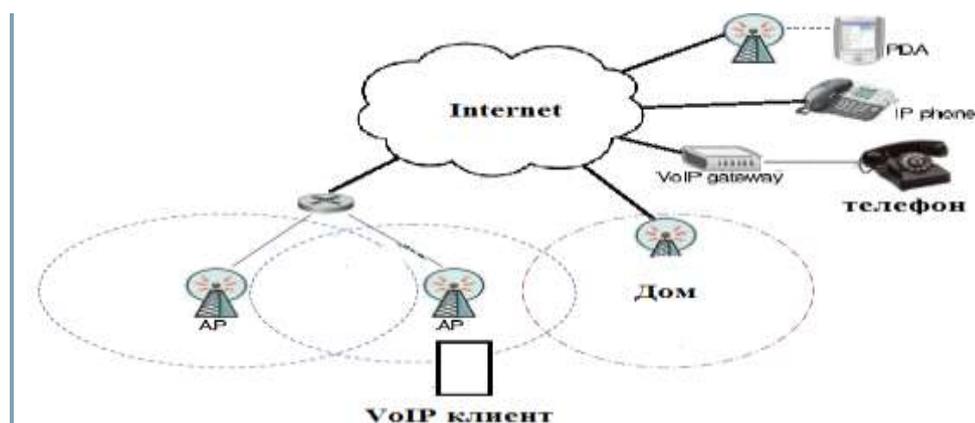


Рисунок 2.2. VoIP трафик поверх IEEE 802.11.

Однако, несмотря на ожидаемое увеличение пользователей беспроводных VoIP, качество обслуживания трафика VoIP в беспроводных сетях не соответствует росту. В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Т G.114 [3, 6], задержки передачи для хорошего качества обслуживания должны быть не менее 150 мс, а в беспроводных локальных сетях в одну сторону задержки между точкой доступа и клиентов за хорошее качество голоса должны быть ниже, чем 60 мс [2], учитывая, что сетевая задержка 30 мс и кодирование и декодирование задержки клиенты VoIP является 30 мс каждый. Тем не менее, задержки легко превышает предел, по разным причинам в беспроводных сетях, как описано в следующем разделе. Несмотря на то, IEEE 802.11e [2] стандарт был введен в 2005 году для поддержки более высокое качество обслуживания для услуг реального времени как голос и видео, он просто дает более высокий приоритет такой трафик на фоне дорожного движения и не решает многих вопросов QoS.

1.2. Типичные проблемы в VoIP-сетях

Из-за фактора участия человека и особенностей его восприятия, VoIP-сети намного более чувствительны к отклонениям, чем другое ПО, для которого такие отклонения вполне терпимы. Такие явления, как потеря пакетов, джиттер или ошибки последовательности пакетов являются неотъемлемыми

для IP-сетей и успешно обнаруживаются и корректируются протоколом передачи данных. По своей сущности, передача голоса является событием реального времени, поэтому для разрешения сетевых проблем в VoIP-сетях требуются несколько другие подходы.

Качество кодека. Кодек – это алгоритм, который преобразует аудио-сигналы в цифровые пакеты и обратно. Кодеки характеризуются разными частотами дискретизации и разрядностью. В разных кодеках реализованы разные методы компрессии, которые основаны на различных требованиях к сетевой нагрузке и вычислительным ресурсам.

Выбор наилучшего кодека для конкретных сетевых условий может существенно повысить качество передачи звука. Выбор в сети с узкой полосой пропускания такого кодека с отличным качеством как G.711 будет ошибкой, поскольку качество звука пострадает из-за ограничений в пропускной способности и потери пакетов. Если пропускная способность сети не превышает 64 Кбит/с, то следует выбрать кодеки G.729 или G.723, у которых низкий битрейт и высокая степень сжатия.

Помните, что, несмотря на высокую пропускную способность локальной сети, внешние звонки могут в дальнейшем проходить через сегменты с меньшей полосой пропускания. У провайдеров ADSL и кабельных сетей пропускная способность исходящего канала часто ограничена, что приводит к его перегрузке при большом количестве одновременно проходящих звонков. В этом случае узкополосные кодеки будут более предпочтительны. Широкополосный кодек G.711 (PCM) дает наивысшее качество звука, но имеет при этом самый высокий уровень трафика. G.729a (CS-ACELP), G.723.1 (MP-MLQ) и G.726 (ADPCM) имеют разную степень качества звука, в порядке его уменьшения.

Выбор кодека не происходит автоматически. Системный администратор должен указать и расположить кодеки в порядке их приоритета в VoIP-системе. Правильный выбор кодека может существенно улучшить качество звука. Отображая данные VoIP-сессии, сетевой анализатор позволяет наблюдать

процесс согласования кодеков, т. е. кодеки, доступные устройствам, а также тот кодек, который был в итоге согласован для передачи данных.

2. Качество обслуживания для трафика VoIP в сетях IEEE 802.11

Проблемы QoS можно разделить в основном на три большие категории, именно, переключение, емкость и управления доступом вызовов (рисунок 2.3). Некоторые проблемы отличаются от фиксированных услуг VoIP, а некоторые и то же, но решения совершенно разные. Проблемы переключения являются новыми и не встречаются в проводных сетях, вопросы емкости и управления доступом вызовов являются общими, но подходы для решения отличаются от проводных VoIP сервиса.

Первая проблема, переключение, вызвано из-за мобильности пользователей. Как показано на рисунке 2.3, беспроводные клиенты взаимодействуют с каждой точкой доступа и обмен VoIP-пакетов осуществляется через AP. Охват диапазона AP ограничен, и беспроводных клиентов необходимо изменить точку доступа, когда они двигаются вне зоны действия точки доступа. Процедура перехода на новую AP называется переключением, и во время передачи обслуживания, подключения к сети нарушается и голосовая связь не работает. Переключение разделено на два типа, переключение 2-го уровня и переключение 3-го уровня. Переключение 2-го уровня также называют MAC-уровня и переключение происходит, когда беспроводным клиентам перемещаться между двумя точками в пределах одной подсети.

Если подсеть изменяется из-за 2-го уровня, уровень 3 также должна быть выполнена. Когда в подсети будут изменения, старый IP адрес становится недействительным, и клиенты должны приобрести новые IP-адресов в новой подсети. Таким образом, переключение 3-го уровня также называется переключением IP уровня. Приобретение IP-адреса включает в себя DHCP сервера [2, 3] сервера и клиентов, что делает передача времени больше, чем в

уровне 2. Кроме того, при изменении IP-адреса, все сеансы в клиенты должны быть обновлены с новым адресом IP, Mobile IP, если не используется. На сессии обновление должно быть обработано каждое приложение, и оно называется переключение прикладного уровня.



Рисунок 2.3. Проблемы домена VoIP трафика в сетях 802.11.

Вторая проблема, вопрос емкости, вызвано необходимостью поддерживать большое количество одновременных разговоров голосом в общественных местах, таких как аэропорты, вокзалы, стадионы, а также ограничения, что ограниченное количество каналов и точек доступа может быть установлена в определенном пространстве в связи с ограниченным количеством непересекающихся каналов в 802.11 WLAN. Потенциал для VoIP трафика в беспроводных сетях гораздо ниже, чем в Ethernet. Первая причина заключается в том, что пропускная способность WLAN ниже, чем Ethernet. Хотя беспроводные сети с поддержкой до 54МВ/с с введением стандарта 802.11g [4], это все равно гораздо ниже, чем у типичного стационарного телефона. IEEE 802.11n [4] поддерживает 100 Мбит/с используя (MIMO), но было бы трудно достичь такой скорости в переполненном городе, где все каналы полностью заняты другими точками доступа и клиентов, потому что необходимо использовать несколько каналов одновременно. Другая причина низкой емкости, что общая пропускная способность трафика VoIP гораздо ниже

номинального бита из-за накладных расходов на передачу пакетов VoIP в беспроводных сетях. Если мы посмотрим на пакет VoIP в беспроводных сетях, голос полезной нагрузки занимает всего 18%, а остальные 82% пакета VoIP являются служебных для передачи пакета. Учитывая, что более половины накладных расходов обусловлено в MAC-уровня, нам необходимо улучшить емкости голоса за счет исключения накладных расходов на уровне.

Последней проблемой является управление приема вызовов. Когда число потоков в базовый набор услуг (BSS) превышает пропускную способность канала, общий QoS всех потоков резко ухудшается. Таким образом, когда количество текущих вызовов достигает емкости, дальнейшие вызовы должны быть заблокированы или переданы на другой канал или точке доступа, используя для управления приема вызовов. Контроль доступа в беспроводные сети совершенно отличается от проводных сетей, потому что узким местом (пробка) является не емкость маршрутизатора, а емкость беспроводного канала между точкой доступа и клиентов в беспроводных сетях. Таким образом, самая большая проблема для управление приема вызовов в беспроводных сетях является выявление влияния новых потоков VoIP на канале. Это очень трудно предсказать, потому что изменения пропускной способности канала в соответствии с различными факторами, такими как скорость передачи данных клиентов, радиочастотных помех, а также ретрансляцию скорости. Если пропускная способность канала завышена, слишком много голосовые звонки принимаются и QoS существующие вызовы ухудшается, и если она занижена, пропускная способность теряется, и общей способности голос уменьшается. Таким образом, конечной целью для управления приема вызовов в беспроводных сетях является защита QoS существующие голосовые вызовы, сводя к минимуму впусую полосой пропускания.

3. Обеспечение QoS в разных стандартах беспроводных сетей

Обеспечение требуемого качества обслуживания (QoS) трафика в беспроводных ЛВС (БЛВС) — задача непростая, поскольку эти сети являются

разделяемыми и имеют относительно небольшую пропускную способность, возможность значительного увеличения которой (в отличие от проводных ЛВС Ethernet) отсутствует. Кроме того, задача обеспечения QoS усложняется непредсказуемостью интенсивности трафика БЛВС.

В проводной сети Ethernet/IP можно реализовывать QoS, задействуя стандартные механизмы приоритизации трафика (например, 802.1d и DiffServe) или увеличивая пропускную способность сетевых каналов до уровня, достаточного для нормальной работы голосовых систем и видеоприложений, чувствительных к задержкам трафика. Поскольку эти системы и приложения, на работу которых негативно влияют непредсказуемость доступной полосы пропускания, значительная задержка передачи пакетов и джиттер, все шире используются в БЛВС, возникла необходимость в разработке механизмов QoS для этих сетей.

Черепашьи темпы стандартизации в IEEE побудили организацию Wi-Fi Alliance разработать спецификацию WMM (Wi-Fi Multimedia) на функции обеспечения QoS, которые, являясь подмножеством функций, определенных в проекте стандарта 802.11e, будут соответствовать и его окончательной версии. Этот шаг напоминает выпуск данной организацией стандарта WPA, описывающего подмножество защитных функций стандарта 802.11i. В спецификации WMM, основанной на архитектуре DiffServ проблемной группы IETF, предусмотрены четыре категории доступа (к среде передачи), которым могут быть назначены разные уровни приоритета.

Помимо использования очередей с разными уровнями приоритета, в спецификации WMM определен более тонкий (чем в технологии SVP) механизм приоритизации трафика на уровне радиointерфейса с учетом его категории доступа. WMM-совместимый беспроводной IP-телефон может быть сконфигурирован для использования категории доступа Voice Priority, а WMM-совместимое телевизионное устройство — для поддержки категории доступа Video Priority. В ПК с программным IP-телефоном и ПО передачи данных пакеты, передаваемые этими приложениями, получают разные ярлыки, что

гарантирует приоритетную пересылку голосового трафика (см. “Категории доступа (или уровни приоритета) в спецификации WMM”).

В ближайшие полгода большинство производителей оборудования для БЛВС реализуют функции WMM в своих продуктах. Сертификация оборудования на соответствие спецификации WMM началась в сентябре 2004 г, но пока еще не ясно, захочет ли основная масса производителей тратить время и деньги на получение официального сертификата WMM.

3.1. Качество обслуживания в сетях WiMAX

На сетевом уровне сети WiMAX для передачи данных используется IP-протокол. Многие хорошо знакомы с ним, ведь именно он повсеместно применяется в компьютерных сетях, например в Интернете. WiMAX — такая же компьютерная сеть, и использование протокола IP на сетевом уровне выглядит вполне естественным.

Но резонно задать вопрос: «А почему использование IP-протокола до сих пор не стало нормой для мобильной телефонии?». Сегодня он только пробивает себе дорогу в мире беспроводных технологий и является в этой сфере новым технологическим решением. Постараемся объяснить этот феномен.

Специфика протокола IP состоит в том, что любая передаваемая с его помощью информация — данные, голос, видео — упаковывается в пакеты. Это позволяет сделать IP-сеть универсальным транспортом для передачи всех видов данных и оказания различных услуг. Однако у пакетной организации переноса данных есть существенный недостаток, которым как раз и объясняется, почему до сих пор протокол IP не нашел широкого применения в беспроводных технологиях. Это ограниченные возможности по обеспечению заданного качества обслуживания (QoS).

Для работы различных бизнес-приложений, передачи мультимедийного трафика и т. п. недостаточно просто упаковать голосовой или видеотрафик в IP-пакеты, требуется еще обеспечить необходимый уровень для ряда других параметров. Например, для оказания голосовых и видеослужб необходимо

гарантировать, что задержка пакетов, джиттер (jitter), уровень ошибок и другие параметры не будут выходить за заданные ограничения.

В сетях WiMAX, построенных по стандарту IEEE 802.16, вопросам обеспечения QoS уделяется особое внимание. При проектировании реальной сети, опираясь на практические задачи, которые она будет решать, можно произвести дифференциацию предоставляемых услуг, отобрать категории пользователей, выбрать конкретные приложения, которые критичны к качеству канала связи и требуют вполне определенного качества предоставления услуг. Поэтому в WiMAX вводятся несколько типов качества обслуживания.

Для дифференциации сервиса и поддержания необходимого качества обслуживания в самой системе WiMAX существует специальный механизм, пришедший сюда из технологии ATM. Он называется подуровень конвергенции (Convergent Sublayer, CS). Фактически он действует как программный интерфейс канального уровня к сетевому уровню сети. Он осуществляет фильтрацию общего сетевого трафика, опираясь на специальные метки, называемые классификаторами (Classifier) сервисных потоков (Service Flow, SF).

Сервисные потоки — ключевая концепция MAC-уровня технологии WiMAX. Они создаются для однонаправленного нисходящего и восходящего трафика и отличаются друг от друга тем, что у каждого имеется свой набор заданных параметров их обслуживания, в том числе определенный тип QoS. Тем самым образуется среда, в которой успешно соседствуют и конкурируют более приоритетные сервисные потоки с менее приоритетными. Возникает эффективная система, где работают разные сервисы и для каждого из них создаются условия, необходимость которых определяется целевыми задачами возведенной сети.

Дифференциация сервиса по классификаторам применяется не только для обслуживания работы устройств в сети WiMAX. Необходимый уровень QoS может быть предусмотрен для обеспечения доступа к различным сетевым и информационным ресурсам, находящимся за пределами внутренней сети

оператора связи. Это обеспечивает дополнительную гибкость при настройке сети WiMAX: она не только решает свои внутренние задачи, но и направлена на эффективную работу с любыми источниками данных.

Таким образом, развитие WiMAX постепенно превращает эту технологию в прямого конкурента проводных сетей DSL. Качественная, хорошо продуманная с учетом решаемых задач настройка сети WiMAX способна раскрыть ее потенциал и обеспечить эффективный беспроводной сервис передачи данных на крупных территориях, завоевав тем самым популярность среди потребителей.

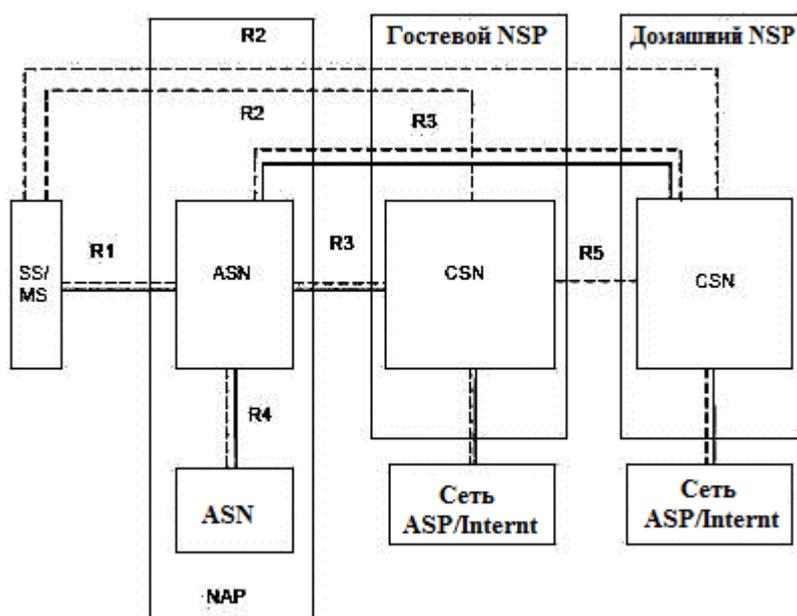


Рисунок 2.4. Архитектура сети WiMAX.

Существует пять QoS-классов обслуживания:

- класс доступа по первому требованию UGS (Unsolicited Grant Service), при котором абонентской станции немедленно предоставляется заранее оговоренная (при подключении к сети) фиксированная скорость передачи. Несмотря на применение коммутации пакетов, этот класс позволяет эмулировать непрерывный канал связи и, как при коммутации каналов, обеспечивает постоянную скорость передачи, что требуется, например, в традиционной телефонии;

- класс доступа с переменной скоростью с передачей данных в режиме реального времени RT-VR (Real-Time Variable Rate), при котором абонентская станция передает информацию, чувствительную к задержкам, с переменной скоростью без потери качества. Таким способом может передаваться видеоинформация с переменным сжатием;

- класс доступа с переменной скоростью без передачи данных в режиме реального времени NRT-VR (Non-Real-Time Variable Rate) используется для передачи информации нечувствительной к задержкам, но требующей гарантированной скорости. Например, этот класс используется для передачи файлов (протоколы FTP, HTTP);

- класс доступа в режиме максимально возможной в данный момент скорости BE (Best Effort) используется для передачи данных, не критичных к скорости передачи и времени задержки. Преимущественно данный класс используется для передачи данных в интернете;

- для передачи данных приложений реального времени вводится промежуточный между UGS и RT-VT пятый расширенный класс доступа с переменной скоростью с передачей данных в режиме реального времени ERT-VR (Extended Real-Time Variable Rate), который обеспечивает постоянные скорость и задержку, например, при передаче голоса с подавлением пауз.

Инфраструктура QoS включает в себя следующие элементы:

- службы с установлением соединения;
- службы доставки: UGS, RT-VR, ERT-VR, NRT-VR;
- модули обеспечения требуемых параметров QoS для каждого абонента отдельно;
- модули управления доступом на основе политик разрешения;
- службы создания статических или динамических сервисных потоков.

Вследствие того, что в стандарте IEEE 802.16 инфраструктура QoS поддерживается и в базовых сетях (а не только в БС и АС), для эффективного обслуживания абонентов с разными требованиями QoS в сети требуются дополнительные функциональные элементы: модули управления стратегиями

работы (PF — Policy Function), управления доступом (AC — Admission Control), авторизации сервисных потоков (SFA — Service Flow Authorization). На рисунке 2.4 показаны элементы, осуществляющие указанные функции. Модуль управления стратегиями работы вместе с соответствующими базами данных относится к NSP. Инфраструктура AAA функционирует совместно с модулями управления стратегиями работы для определения прав каждого пользователя на работу с определенными уровнями QoS и выстраивания соответствующих стратегий работы абонента. Модуль авторизации сервисных потоков обычно размещается в шлюзе ASN и использует информацию, полученную от модуля управления стратегиями работы в процессе подключения абонентов к сети и для управления сервисными потоками [8].

3.2. Качество обслуживания в подвижной связи GSM

Для операторов IP-сетей подвижной связи возможность добиться успеха состоит в том, что-бы сосредоточить внимание не на скорости передачи или самой лучшей технологии, а на создании пакета новейших услуг и предоставлении их с высоким качеством. Сети IP подвижной связи предлагают огромный потенциал для новейших услуг, но в тоже время это самая сложная среда для достижения высоких показателей QoS.

Для предоставления приложений и услуг на базе протоколов IP операторы сетей подвижной связи должны разработать сети радиосвязи на базе IP, используя технологии радио доступа и базовые сети с коммутацией пакетов. Сети IP проводной связи и подвижной радиосвязи - это два фундаментально разных типа сетей, и для них требуются разные стратегии для обеспечения QoS. Чтобы достигнуть QoS для сквозного соединения, должен быть учтен участок между проводной и беспроводной сетью.

Сети радио доступа имеют ограниченную пропускную способность, которая должна быть разделена между пользователями. Наряду с обеспечением мобильности пользователей, это приводит к чрезвычайно изменчивым уровням качества. Методы обеспечения QoS для подвижной связи должны

гарантировать справедливый доступ к ограниченной полосе частот радио сигналов и использовать метод управления мобильностью для оптимизации передачи данных IP по сети подвижной связи. В IP-сетях на линиях проводной связи механизмы обеспечения QoS имеют дело, в основном, с готовностью полосы пропускания и обработкой трафика по приоритетам при обслуживании случайного трафика с часто повторяющимися пачками данных.

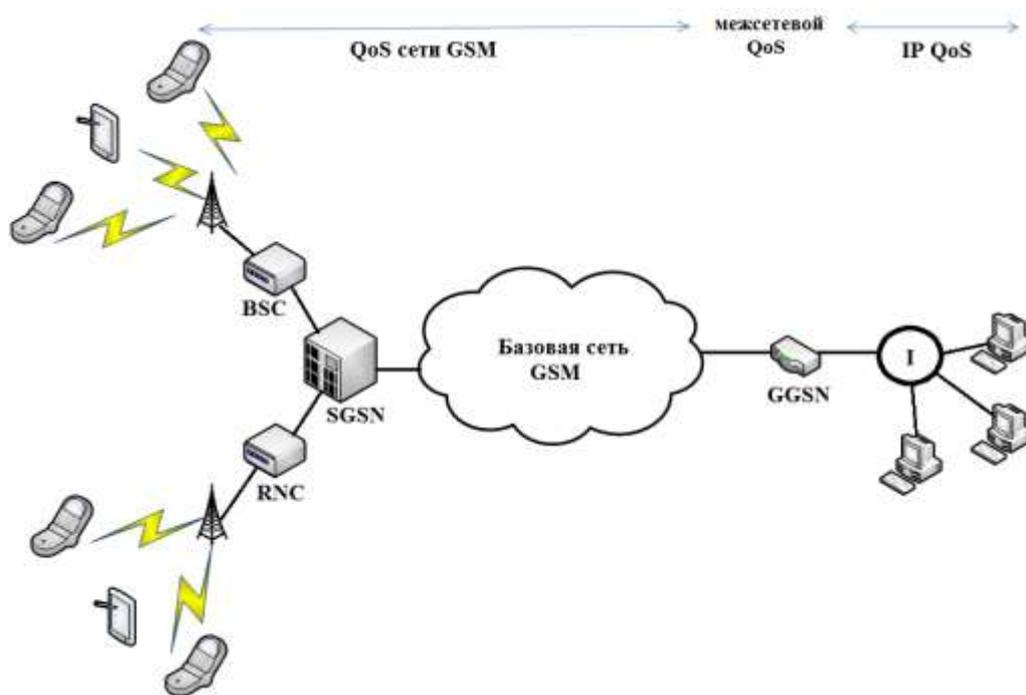


Рисунок 2.5. Сегменты QoS.

Как показано на рисунке выше для обеспечения QoS для сквозного соединения требуется QoS на уровне межсетевого взаимодействия между сетью подвижной связи и сетью Интернет на базе протоколов IP.

Архитектура QoS UMTS.

Чтобы гарантировать QoS для сети подвижной связи в UMTS, была определена архитектура услуг QoS, основанная на иерархии служб переноса. Заданное QoS транслируется в службы переноса с четко определенными характеристиками, которые должны быть настроены от источника до получателя. Трафик должен переносить разные службы переноса по сетям на пути от источника к получателю.

Сквозная услуга, используемая мобильным терминалом, будет реализовываться с помощью нескольких разных служб переноса, как показано на рисунке 2.5: локальная служба переноса оконечного оборудования (TE)/мобильного терминала (MT), служба переноса UMTS и внешняя служба переноса, например, Интернет. Важно иметь в виду, что для обеспечения сквозной услуги требуется трансляция/сопоставление с внешними услугами, например, с Интернетом. Каждая служба переноса предлагает индивидуальные рабочие характеристики, основанные на услугах, предоставляемых нижними уровнями (например, ATM или IP). Например, подсистема UMTS сети осуществляет QoS, базируясь на услуге RAB и службах переноса CN, которые опять используют радиointерфейс или IP/ATM в качестве услуг нижнего уровня.

Когда пользователь запрашивает услугу с определенным качеством, например, во время процедуры активизации контекста PDP, приложение согласовывает через CN услугу RAB с определенными атрибутами. Таким способом UMTS позволяет пользователю согласовать характеристики носителя, которые наиболее подходят для переноса информации. Кроме того, можно изменить свойства носителя, используя процедуру повторного согласования во время действия активного соединения, например, в случае передачи обслуживания может понадобиться обработка функции мобильности абонента.



Рисунок 2.6. Архитектура QoS UMTS.

Услуга RAB выполняется с помощью услуги RB и службы переноса интерфейса Iu. Услуга RB обрабатывает все аспекты средств передачи данных по радиointерфейсу и выбирает атрибуты QoS сеанса в процессе активизации контекста PDP следующим образом.

Служба переноса CN управляет магистральной сетью UMTS, чтобы выполнить оговоренную соглашением службу переноса UMTS. Это дополнительная возможность оператора, чтобы решить, какие используются возможности QoS на уровне IP или возможности QoS на уровне ATM. Для магистральной сети на базе IP должны использоваться дифференцированные услуги, определенные в IETF. Если оператор выбрал ATM-SVC в качестве внутреннего выделенного транспортного канала, взаимодействие с магистральными сетями на базе IP будет основано на дифференцированных услугах. Оператор будет управлять процессом преобразования классов QoS UMTS в кодовые точки Diffserv.

3.3. Обеспечение QoS в сетях CDMA

Развитие существующих сетей мобильной связи к третьему поколению идет в двух основных направлениях: GSM GPRS EDGE WCDMA и CDMAOne CDMA2000. Сети 3-го поколения нацелены на предоставление целого набора услуг - от традиционной телефонии и беспроводного доступа в Интернет до мультимедийных пакетных услуг. Мультисервисность предполагает новые функциональные возможности сетевой инфраструктуры, и поэтому вопросы качества предоставления услуг приобретают особую важность. Это связано с тем, что многие услуги по своей природе требуют больших полос пропускания и крайне чувствительны к временным задержкам или их девиациям. Необходимо рассмотреть аспекты обеспечения качества предоставления услуг (QoS) в мобильной сети, не зависящие от способа доступа, а затем опишем специфические особенности реализации этих механизмов в сетях радиодоступа CDMA2000.

В полной мере требованиям, предъявляемым к сетям 3-го поколения при использовании радиодоступа CDMA2000, отвечает стандарт CDMA2000 1xEV-DV. Для анализа обеспечения качества предоставляемых услуг полезно вспомнить путь эволюции радиодоступа CDMA2000 (рисунок 2.8) [9].



Рисунок 2.8. Развитие технологии CDMA.

Стандарт IS-95-A был разработан для поддержки голосовых сервисов в режиме коммутации каналов с кодовым мультиплексированием. Главная задача разработчиков состояла в обеспечении низкой задержки и постоянной скорости

передачи для предоставления всем пользователям одинакового качества обслуживания. При этом скорость передачи данных составляла 9,6-14,4 кбит/с.

Эволюция этого стандарта до CDMA2000 1X опиралась на уже упомянутое выше кодовое мультиплексирование. Голосовая емкость была увеличена за счет изменения модуляции сигнала, применения более помехоустойчивого кодирования и улучшения алгоритма контроля мощности. Пиковая скорость передачи данных была повышена до 153,6 кбит/с за счет использования меньшего коэффициента сжатия сигнала для пользователей, находящихся в данный момент в благоприятных условиях (с низким уровнем потерь и помех в радиоканале).

Важным фактором дальнейшей эволюции CDMA2000 1X являлась невозможность в рамках CDMA2000 1X обеспечить работу пакетных приложений, требующих гарантированного качества обслуживания (например, VoIP). Действительно, критерий выбора скорости пакетного трафика по качеству радиоканала применим лишь для приложений, не требующих каких-либо гарантий по задержке и скорости (т. е. трафика типа Best Effort), например, мобильного Интернета.

Кроме того, ни в стандарте IS-95, ни в CDMA2000 1X не возможна максимизация пропускной способности сети даже для трафика, не требующего гарантии качества. Известно, что передача пакетного трафика в условиях больших потерь и/или помех в радиоканале требует более высокой мощности передачи. Повысить скорость и пропускную способность общего радиоканала сети позволил бы учет вероятностного характера распространения сигнала, когда все мощностные ресурсы сети выделяются для обслуживания абонента, находящегося в наиболее благоприятных условиях с точки зрения отношения сигнал/помеха. Такое временное мультиплексирование (в отличие от кодового), основанное на учете вероятностного характера распространения сигнала для трафика, не требующего гарантии качества, является наиболее оптимальным. Для приложений реального времени (например, VoIP) такой подход не применим, и кодовое мультиплексирование является единственно возможным.

Эти обстоятельства и были использованы при создании семейства стандартов CDMA2000 1X Evolution - CDMA2000 1xEV-DO (Data Only - только данные) и CDMA2000 1xEV-DV (Data and Voice - данные и голос). В стандарте CDMA 2000 1xEV-DO реализована максимизация пропускной способности общего радиоканала с использованием упомянутого выше временного мультиплексирования. В CDMA2000 1xEV-DV предоставление приложений реального времени (например, голоса) и высокоскоростной передачи пакетного трафика на одной несущей достигается объединением кодового мультиплексирования CDMA200 1X для приложений, требующих гарантированного качества обслуживания, и временного мультиплексирования CDMA2000 1xEV-DO для трафика без гарантии качества.

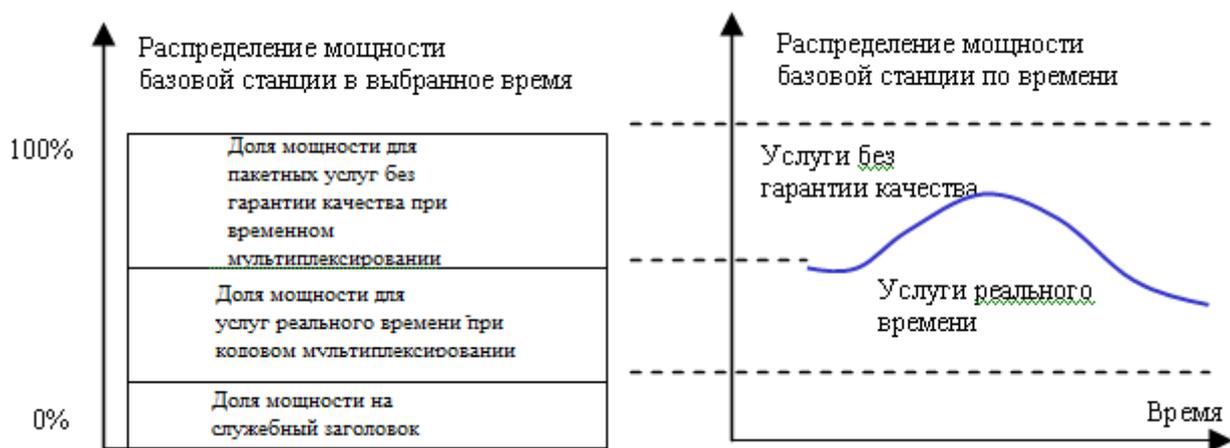


Рисунок 2.9. Распределение мощности между каналами для обеспечения услуг реального времени и пакетных услуг без гарантии качества.

Такой подход позволяет назначить более высокий приоритет приложениям реального времени путем уменьшения доли мощности, выделенной для существующих на текущий момент других соединений (скорость трафика без гарантии качества будет уменьшена). В этом случае динамическое распределение общего сетевого ресурса (выходной мощности) между приложениями, требующими разного качества обслуживания, будет оперативно отслеживать спрос на те или иные услуги в различных участках

сети, в разное время суток и т. д. Распределение мощности между каналами кодового и временного мультиплексирования в зависимости от спроса на различные услуги показано на рисунке 2.9 [9].

Архитектура QoS для сети радиодоступа CDMA2000 приведена на рисунке 2.10. В обеспечение QoS сети радиодоступа вовлечены следующие услуги переноса, формирующие логическое соединение:

- услуги уровня сети радиодоступа (Radio Bearer);
- услуги уровня операционной совместимости (IOS Bearer);
- услуги уровня PPP (PPP Link Service).

При этом функцию шлюзового элемента к опорной сети в стандарте CDMA2000 выполняет узел коммутации пакетных данных (PDSN).

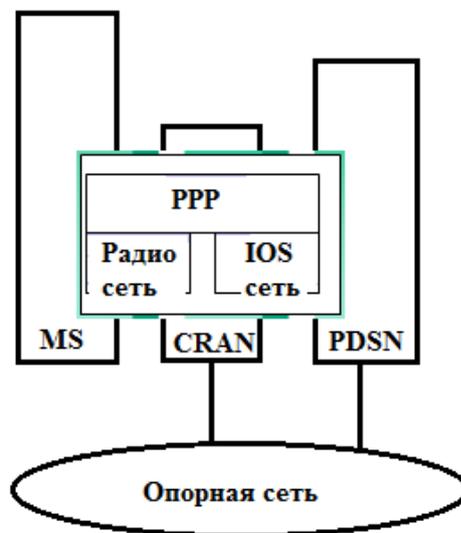


Рисунок 2.10. Архитектура QoS сети радиодоступа CDMA2000.

Уровень радиодоступа обеспечивает для опорной сети сервис переноса с соответствующими атрибутами QoS, или Экземпляр сервиса (Service Instance). Мобильная станция может иметь до шести Экземпляров сервиса, которые могут быть активизированы через Опции сервиса (Service Options) путем использования специальных сообщений сигнализации. Для пакетных услуг, не

требующих гарантированного качества обслуживания, выбирается, например, Опция сервиса SO 33.

Активизированному Экземпляру или группе экземпляров с одинаковыми атрибутами QoS присваивается физический радиоканал. Качество сервиса определяется гарантированным или негарантированным режимом. Негарантированный режим в основном применяется для передачи интернет-трафика и в случае введения приоритизации приводит к уменьшению полосы пропускания. Гарантированный режим вводит определенный уровень QoS. Контрольными параметрами являются минимальная и ожидаемая скорости. Услуги реального времени используют кодовое мультиплексирование радиоканалов версии CDMA2000 1X, в то время как услуги потоковые или интернет-доступа используют временное мультиплексирование версии CDMA2000 1xEV-DO.

Выводы по главе II

Как и многие IEEE 802.11 беспроводных сетей были широко развернуты, с увеличением важности VoIP по беспроводной сети, возникает вопрос по улучшению качества обслуживания (QoS) для трафика VoIP.

В связи с быстрым ростом IEEE 802.11 на основе беспроводных локальных сетей в течение последних нескольких лет, передача голоса по IP (VoIP) стал одним из наиболее перспективных услуг, которые будут использоваться в мобильных устройствах по сети WLAN. VoIP заменяет традиционные телефонные системы из-за легкого развития, низкой стоимости, а также расширенные новых услуг и успешного развертывания VoIP-услуг в фиксированных линий. В настоящее время расширена до VoIP через WLAN.

Во второй главе приведены проблемы обеспечения качества обслуживания для трафика VoIP в сетях IEEE 802.11. Кроме этого рассмотрены варианты обеспечения качества обслуживания в разных стандартах беспроводных сетей, такие как:

- обеспечения QoS в сетях WiFi;

- обеспечения QoS в сетях WiMax;
- обеспечения QoS в мобильных сетях GSM и CDMA.

Глава III. Исследование характеристик беспроводных сетей: VoIP И 802.11e

1. Измерение производительности VoIP в сетях БЛВС

Беспроводные локальные сети (WLAN) становится все более популярным из-за простой схемы развертывания. Передача голоса по IP (VoIP) может сэкономить много для малого бизнеса и корпораций за счет сокращения оплаты на сотовых телефонов и телефонные счета. Теперь корпорации и представители малого бизнеса переходят в инфраструктуре беспроводной ЛВС, и здесь важно смотреть на производительность VOIP через WLAN и быть в курсе потенциальных проблем, и что может быть возможно сделать для устранения этих проблем.

В связи с быстрым передвижением деловой инфраструктуры к WLAN, важно реализация (передача) трафика реального времени по WLAN. Передавать трафика реального времени, такие как VOIP в WLAN требует надежного качества обслуживания (QoS). Эта работа адресуется изучению VOIP через WLAN с использованием Frame Relay и IP-телефонии с использованием тип соединения точка-точка будет сравниваться с VOIP через WLAN, также к изучению возможности и варианты в повышении производительности VOIP через WLAN.

В проводной сети Ethernet/IP можно реализовывать QoS, задействуя стандартные механизмы приоритизации трафика (например, 802.1d и DiffServe) или увеличивая пропускную способность сетевых каналов до уровня,

достаточного для нормальной работы голосовых систем и видеоприложений, чувствительных к задержкам трафика. Поскольку эти системы и приложения, на работу которых негативно влияют непредсказуемость доступной полосы пропускания, значительная задержка передачи пакетов и джиттер, все шире используются в БЛВС, возникла необходимость в разработке механизмов QoS для этих сетей.

Разработка спецификаций WMM и 802.11e — это важные вехи на пути развития БЛВС, но для обеспечения нормального функционирования этих сетей одних только механизмов QoS не достаточно. Какие бы сложные и гибкие механизмы QoS ни поддерживали ваши устройства, если БЛВС спроектирована плохо и не обладает достаточной пропускной способностью, то сетевые приложения не смогут работать должным образом. Только хорошо спроектированная БЛВС в совокупности с использованием механизмов QoS может стать подходящей инфраструктурой для развертывания голосовых и других приложений.

IEEE 802.11 беспроводные локальные сети (WLAN), стали популярными и предоставляют отличное решение для беспроводных сетей. С ростом популярности WLAN и голоса по IP протокола, это очень важно, чтобы измерить производительность VOIP через WLAN. Основной целью данной работы является сравнение производительности передачи голоса по IP-протоколу и в локальной сети (802.3) и WLAN (802.11). Эта работа рассматривает, как это протокол выполняет в две различные установки сети и анализирует результаты, полученные с использованием OPNET Modeler. В нем также рассматривается оптимизация 802.11e для управления качеством обслуживания (QoS) с помощью приоритетов чтобы обеспечить в реальном времени для передачи голоса по интернет-протоколу.

Проект VoIP над WLAN был смоделирован с помощью OPNET Modeler и проанализирован производительность системы. Статистические данные по эффективности были собраны, а также проанализированы параметры потерь

пакетов, задержки и пропускной способности для того, чтобы определить качество VOIP над WLAN.

2. Показатели качества обслуживания

Передача голоса более чувствительна, чем передачи данных. С VoIP является приложением реального времени пропущенных звонков и низким качеством не принимают клиентов, поэтому важно реализовать качество обслуживания QoS для обеспечения лучшего качества сигнала.

При моделировании конструкции топологии, статистика собираются на потери пакетов, задержки и джиттер. Потеря пакетов является основной причиной ухудшения качества передачи голоса.

2.1. Потеря пакетов

Потеря пакетов происходит в сетях любого типа. В каждом сетевом протоколе разработаны методы для борьбы с этой проблемой тем или иным способом. Например, в протоколе TCP предусмотрена гарантированная передача за счет повторных запросов для потерянных пакетов. В протоколе RTP, который используется в VoIP, таких гарантий не предусмотрено, поэтому в самом VoIP должны содержаться средства работы с потерянными пакетами.

Хотя в протоколе передачи данных возможен простой повторный запрос потерянного пакета, у VoIP нет времени ждать, пока такой пакет будет доставлен. Для поддержания качества звонка потерянные пакеты заменяются некоторыми усредненными (сглаженными) значениями.

Для маскирования эффекта пропавших пакетов в VoIP-коммуникации предусмотрено метод PLC – Соккрытие Потерянных Пакетов (Packet Loss Concealment). В разных реализациях могут быть применены разные методы. Замещение нулем (zero substitution) является наиболее простым PCL-методом с минимальными требованиями по вычислительным ресурсам. Этот простой

алгоритм, в котором отсутствующие фрагменты звука замещаются тишиной, дает наихудшее качество звука, когда потеряна значительная часть пакетов.

Замещение формой сигнала (waveform substitution) используется в старых протоколах и заключается в замещении потерянных пакетов новыми, сгенерированными искусственно. В простейшем случае потерянный пакет замещается последним принятым. К сожалению, при потере длинной цепочки пакетов голос, восстановленный данным методом, получается ненатуральным, с машинным звучанием.

Наиболее совершенные алгоритмы используют интерполяцию пропущенных участков, в результате чего получается наилучшее качество звука. Правда, за это приходится расплачиваться повышенной вычислительной нагрузкой. Самые удачные решения на базе подобных алгоритмов могут справиться с потерей до 20% пакетов без существенного ухудшения качества звучания голоса.

Несмотря на то, что некоторые PLC-методы работают лучше других, никакое маскирование не способно компенсировать значительные потери пакетов. Когда вследствие перегрузки сети происходят потери целых серий пакетов, наблюдается заметное падение качества звука.

Пакеты в VoIP-сетях могут быть отброшены по разным причинам, включая перегрузку сети, ошибки на линии и задержки в доставке [6, 8, 9].

2.2. Джиттер

Джиттер (jitter, вариация задержки) – это особый показатель для VoIP-сетей, который при выходе из-под контроля может повлиять на качество передаваемого звука.

В отличие от естественной задержки передачи в сети, джиттер появляется не из-за самого факта задержки, а по причине флуктуации времени задержки от пакета к пакету. По мере того, как VoIP-устройства стараются компенсировать джиттер путем увеличения размера пакетного буфера, джиттер приводит к паузам в разговоре. Если разброс становится слишком большим и превышает

150 мс, то стороны обычно замечают эти задержки и разговор начинает напоминать разговор по рации.

Можно предпринять некоторые шаги для сокращения джиттера как на сетевом уровне, так и на уровне VoIP-устройств (программные IP-телефоны, обычные IP-телефоны или VoIP-адаптеры). Сокращение задержек в сети по определению позволит держать буфер в рамках 150 мс даже в случаях наличия значительных разбросов. Хотя снижение задержек вовсе необязательно устранит их вариацию, тем не менее оно значительно снизит эффект до такой степени, что он будет незаметен для говорящих. Приоритетизация VoIP-трафика и шейпинг полосы пропускания могут также снизить вариацию задержек пакетов.

Оптимизация джиттер-буфера в VoIP-устройстве также существенно влияет на результат. Хотя больший размер буфера снижает или вообще устраняет джиттер, размер буфера, превышающий 150 мс, существенно влияет на воспринимаемое качество разговора. Часто оказываются эффективными адаптивные алгоритмы контроля размера буфера в зависимости от текущих сетевых условий. Подбор размера пакетов или использование другого кодека (например, G.711) часто помогают контролировать джиттер.

Хотя джиттер чаще вызван задержками в сети, нежели самими VoIP-станциями, в определенных системах с жесткими ограничениями ресурсов, работающими в конкурентных средах (программные VoIP-телефоны) могут присутствовать значительные и непредсказуемые вариации в задержках пакетов. При разработке VoIP-станций или при исследовании проблем качества звонка в существующей инфраструктуре VoIP крайне важным является идентификация самой причины джиттера. Сетевой анализатор может быть чрезвычайно полезен для быстрой и эффективной локализации источника проблемы. Хороший сетевой анализатор способен рассчитать джиттер для каждого RTP-потока и построить графики зависимости от времени как самого джиттера, так и его отклонения [6, 8].

2.3. Задержка

До настоящего момента основным объектом нашего внимания являлась узловая задержка, то есть задержка, обусловленная отдельными маршрутизаторами. Теперь пришло время оценить общую задержку передачи пакета от отправителя до адресата. Для этого предположим, что на пути пакета находятся $N - 1$ маршрутизаторов, нагрузка в сети такова, что очереди отсутствуют или пренебрежимо малы, время обработки каждого маршрутизатора и отправителя равно $d(\text{обр})$, скорость передачи линий связи составляет R бит/с, а время распространения сигнала по линии равно $d(\text{расп})$. Все узловые задержки равны между собой, а их сумма дает общую задержку

$$d(\text{общ})=N \times (d(\text{обр}) + d(\text{пер}) + d(\text{расп})), (1)$$

2.4. Пропускная способность

Это та скорость, с которой по линии связи передаются данные. Измеряют пропускную способность такой единицей как бит в секунду (бит/сек). Также есть и другие единицы измерения пропускной способности локальной сети, к примеру, это пакет в секунду. Бит является наименьшей единицей информации и, следовательно, может принимать только два значения – ноль или единицу. В современных линиях связи можно достигать очень большой скорости передачи данных, поэтому для удобства используются также и производные единицы измерения скоростей. Например, мегабит в секунду (Мбит/с), килобит в секунду (Кбит/с), гигабит в секунду (Гбит/с) и т.д.

Мегабиты и килобиты для измерения пропускных способностей сетей соответствуют также и традиционным метрическим величинам, которые приняты в других отраслях науки. 1 Кбит/с соответствует 1000 Бит/с.

Имея дело с пропускными способностями линий связи, важно учитывать, что редко можно достичь максимальных значений и скоростей. Причиной этому выступают разнообразные помехи в линии связи, ошибки в работе оборудования и ряд других причин. Частично пропускные способности

затрачиваются и на передачу служебных данных. То есть линия связи с пропускной способностью в 12 Мбайт/с передает полезную информацию со скоростью на несколько Мбайт/с меньше, чем сама эта величина.

Также важно понимать методы доступа к среде передачи данных, которые используются в сети [6, 8].

3. Имитационное моделирование

Моделирование проведено во многих различных сценариях, чтобы увидеть разницу в производительности, а также изучить лучший способ использования VOIP над WLAN.

Первый вариант обычная локальная сеть, которая использовала VoIP. Второй вариант беспроводная локальная сеть, тоже с использованием VoIP с учетом качество обслуживание.

Архитектура сети выбрано как глобальные сети WAN. Маршрутизаторы находятся в разных городах и соединены между собой с помощью E1 канала (2 Мбит/с). Маршрутизаторы поддерживают постоянный виртуальный канал (PVC).



Рисунок 3.1. Моделируемая сеть.

На рисунке 3.1 показана глобальная сеть, которая соединяет две локальных сетей. В первой сценарии в локальных сетях работают 15 рабочих станций и они подключены к свитчу через 100 Мбит/с кабель. (Рисунок 3.2).

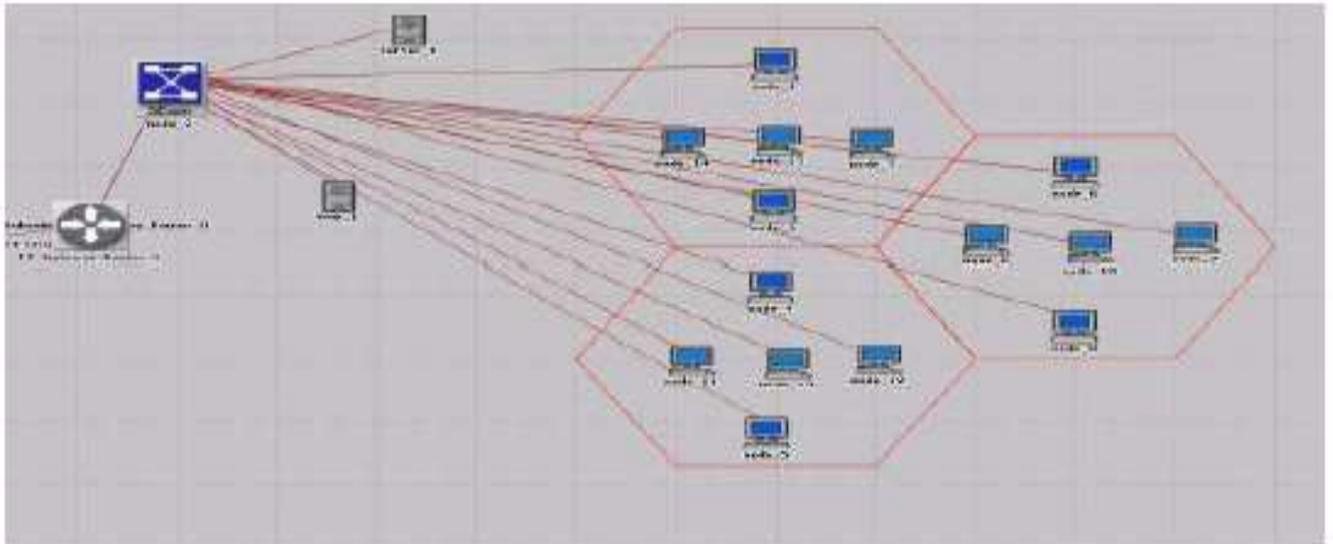


Рисунок 3.2. Топология локальной сети.

Во второй сценарии точно такая же структура сети, но здесь в каждой локальной сети установлены по три точки доступа для беспроводных устройств. Беспроводные устройства сначала подключаются к точкам доступа, потом в свитч. Таким образом, количество рабочих станций 15, по 5 устройства для каждой точки. Тип соединения WiFi (54 Мбит/с) (рисунок 3.3)

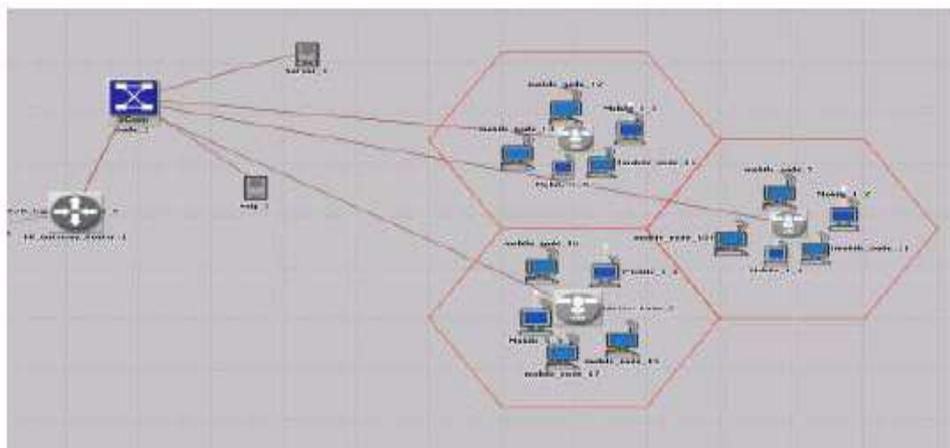


Рисунок 3.3. Топология сети беспроводной локальной сети.

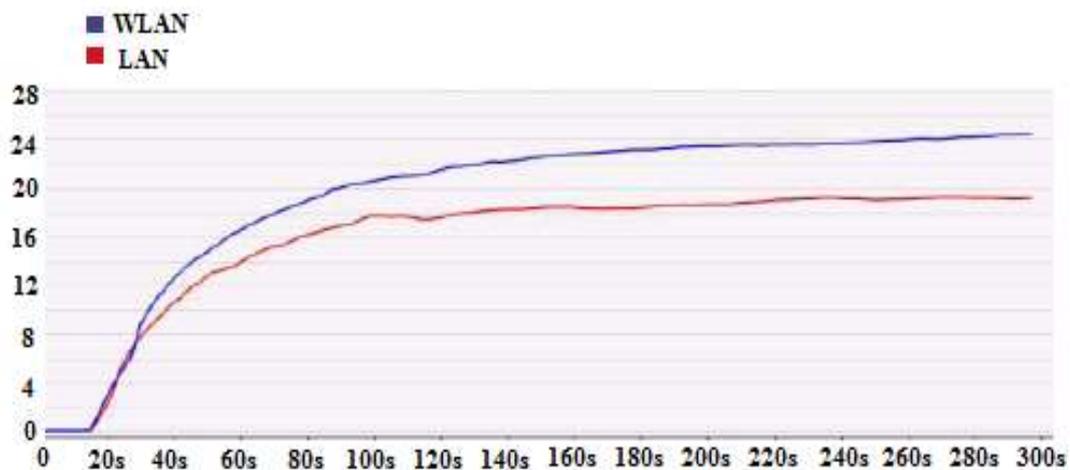


Рисунок 3.4. Показатель потери пакетов.

На рисунке 3.4 показаны показатели потеря пакетов VoIP для двух сценарий, WLAN и LAN. Здесь конечно показатель у обычной LAN сети лучше, чем WLAN. Потому что пакеты VoIP передаются по беспроводным каналам. За счет помех и искажений много пакеты теряются по WLAN. Но обратите внимание здесь передается пакеты VoIP, т.е. голос, раньше этот показатель был намного худшее, чем наши. Кроме этого раньше анализы были получены с беспроводной сети передачи данных, т.е. передавались только данные и тексты. В наши случаи передается только голос.

На рисунке 3.5 показано показатель джиттер для WLAN и LAN. Здесь показатель у WLAN ухудшалось, потому что беспроводные устройства соединяются с свитчем через точки дочки доступа, однозначно увеличивается время обработка пакетов и время декодирование. Но здесь преимущество WLAN по легкости реализации. Рабочие станции не зависят от место расположение, т.е. могут быть работать в любом месте.

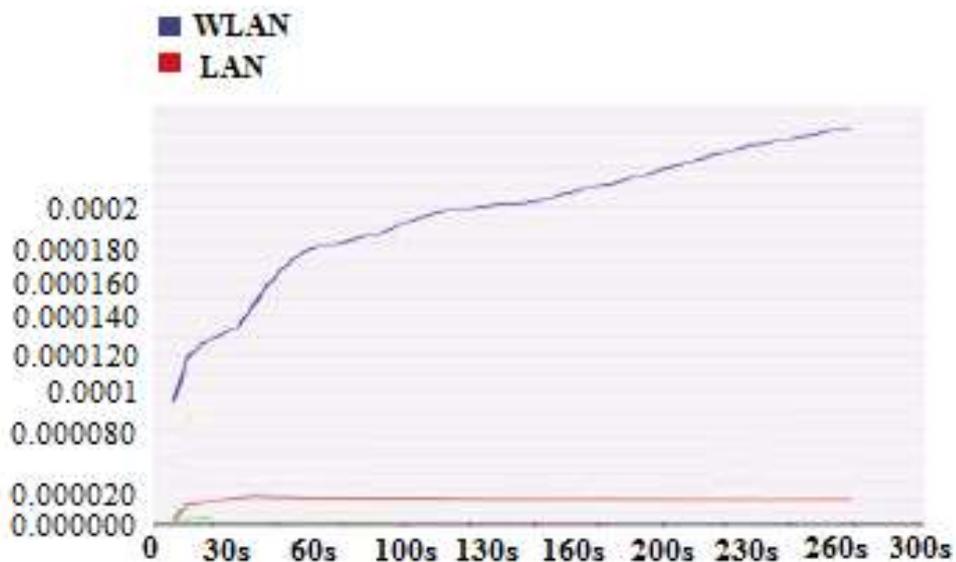


Рисунок 3.5. Показатель джиттера

На рисунке 3.6 показано средняя задержка для LAN и WLAN. Здесь тоже показатель у WLAN худшее, чем простой LAN. Но здесь мы не будем определять какой вариант лучший, безсомненно все показатели у LAN лучше. С развитием беспроводных технологий, оконечные устройства тоже соответственно меняются. Всем известно, что данные уже передаются через беспроводную сеть. В нашей работе поднимается вопрос, могут ли беспроводные технологии передавать данные, которые чувствительны к задержкам и обеспечивать гарантированную качество.

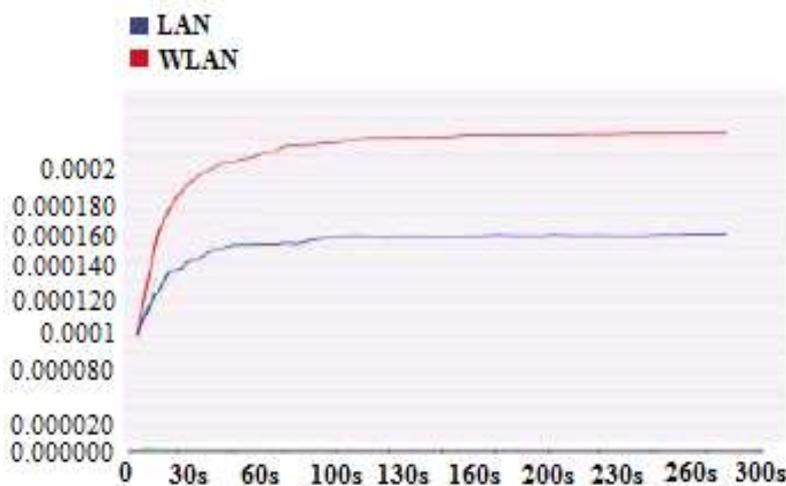


Рисунок 3.6. Средняя задержка для LAN и WLAN.

Рисунок 3.7 иллюстрирует пропускной способности для сетей LAN и WLAN. Ниже приведены таблицы, которая состоит из результатов в табличной форме для сценариев LAN и WLAN.

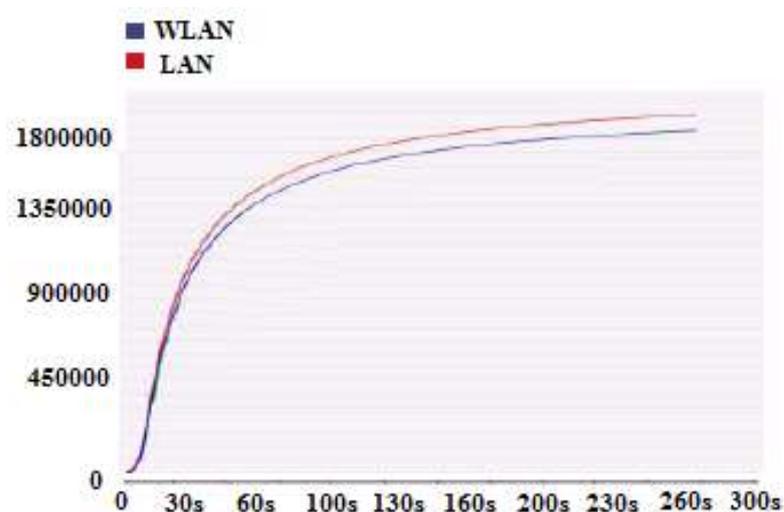


Рисунок 3.7. Пропускная способность.

Таблица 3.1

Результаты для LAN и WLAN

Scenarios	throughput bits/sec	in	Jitter	Avg. Delay
LAN	1500000		1E-06	0.000024
WLAN	1300000		0	0.000185

Выводы по главе III

Наша главная цель это не сравнение двух технологий, а просмотр возможности передачи голос по IP через беспроводной среды с учетом качество

обслуживание. Результаты показывали что, можно передавать голос по IP высокой четкости через беспроводные сети 802.11.

Сначала нам стоит ответить на вопросы, какие плюсы дает новое решение передача голоса по IP? Или почему нам переходит на новое решение, когда у нас есть стабильная и качественная технология чем WLAN? Например в обычных LAN сетях могут быть возникнуть проблемы с соединением пользователей, т.е. масштабируемость или сказать по другому трудности по место положение. Кроме этого требуется не маленькая сумма для реализации сетей (прокладка кабелей, свитчи, разъемы для рабочих мест). В WLAN сетях вышеуказанные проблемы нет, т.е. прокладка кабеля, установка разъемов для каждой точки и т.д. Также есть возможность подключения и расширения абонентов за счет пропускной способности беспроводного канала. Кроме этого пользователи могут воспользоваться с WLAN внутри офиса с помощью разных терминалов, не зависимо где они находятся. В качестве мобильных терминалов можно указать смартфоны, планшеты и ноутбуков.

В качестве вывода можно сказать что с помощью технологии Wi-Fi есть возможность увеличивать количество мобильных терминалов и возможность соединение сети с любой точки офиса. Один из основных целей этой работы обеспечения качество обслуживание в сетях WLAN. Полученные результаты показывают что, можно передават голоса по IP через беспроводные локальные сети с учетом качества обслуживания.

При моделировании проекта думали, что LAN имеет больше преимуществ, но WLAN является экономически эффективным. Тем не менее, при реализации оптимизированной сети VoIP подключения точка-точка к глобальной сети следует использовать с 802.11e локальной сети. Результаты моделирования показали, что показатели QoS в 802.11e могут быть оптимизированы в режиме реального времени обслуживания для голоса с помощью приоритетов.

Глава IV. Безопасность жизнедеятельности

1. Производительность труда и работоспособность человека

Уровень развития производительных сил проявляется в производительности труда. Производительность труда - это плодотворность, продуктивность производственной деятельности людей, измеряемая количеством времени, затрачиваемым на единицу продукции, или количеством продукции, производимой в единицу рабочего времени (час, день, месяц, год). Повышение производительности труда - объективный экономический закон развития человеческого общества. В процессе труда живой труд использует результаты прошлого, овеществленного труда (предметы и средства труда) для производства новых продуктов. Рост производительных сил означает экономию не только живого, но и овеществленного труда. Факторы, влияющие на производительную силу труда, разнообразны. Многие из них действуют на протяжении всего развития человеческого общества, однако значение отдельных факторов, определяющих производительную силу труда, меняется на разных этапах. Первоначально ведущую роль играли природные условия.

От них в значительной мере зависели продуктивное использование других факторов и общая производительность труда в целом. Позднее все большую роль приобретает средняя степень искусства работника, умение эффективно использовать свои профессиональные навыки и производственный опыт. Промышленная революция оттесняет природные условия и квалификацию на задний план. Она резко повысила роль орудий труда, технологии, общих и профессиональных знаний. Постепенно все большее значение приобретает не только характер и размеры средств производства, но и эффективность их применения, научная организация труда. Теперь уже от этих факторов в первую очередь зависит плодотворность труда. Научно-техническая революция повышает роль информации и науки, их технологического применения в производстве.

Важно подчеркнуть, что возможность превращения потенциальной силы труда в реальную производительность труда зависит от характера господствующих производственных отношений, а также воздействия юридических и политических институтов. Революции в развитии производительных сил (неолитическая, промышленная, научно -техническая) знаменуют качественные этапы повышения производительности труда. На эффективность трудовой деятельности человека существенно влияет режим труда и отдыха. Рациональным режимом является режим, при котором обеспечивается высокая производительность труда и устойчивая работоспособность без признаков чрезмерного утомления в течение длительного времени.

Правильность режима труда и отдыха оценивается на основе исследования состояния физиологических функций человека и динамики его работоспособности в процессе рабочего дня. Чем эффективнее режим, тем длительнее период устойчивой работоспособности, короче периоды вработываемости и спада работоспособности. На производстве чередование периодов труда и отдыха достигается введением обеденного перерыва в середине рабочего дня и кратковременных регламентированных перерывов,

устанавливаемых с учетом динамики работоспособности, тяжести и напряженности труда. Так при работах, требующих большого напряжения и внимания, быстрых и точных движений, целесообразны частые, но короткие (5-10-минутные) перерывы. При работах, связанных со значительными усилиями и участием крупных мышц, рекомендуются более редкие, но продолжительные (10-12-минутные) перерывы. При особо тяжелых работах (кузнецы, металлурги) следует сочетать работу в течение 15-20 мин с отдыхом той же продолжительности. Для определения длительности времени отдыха внутри смены используется формула:

$$T_{\%н} = \frac{(РПФ - ФПО) * 100\%}{ПДВ_{см} - ФПО}$$

где: $T_{\%н}$ - время отдыха в процентах к оперативному времени (длительности всех операций в смене),

РПФ - рабочий физиологический показатель, т.е. абсолютное значение частоты сердечных сокращений (ЧСС),

МОД - минутный объем дыхания,

МЭЗ - мощность энергозатрат.

ФПО - физиологический показатель при отдыхе (для ЧСС 70 мин; МЭЗ 70 Вт; МОД 8 л.),

ПЭВ - предельно допустимая величина среднесменного физиологического показателя.

Кроме регламентированных перерывов, существуют микропаузы-перерывы, возникающие самопроизвольно между операциями. Они поддерживают оптимальный темп работы и высокую работоспособность и составляют 9-10% рабочего времени. Работоспособность и жизнедеятельность организма зависит от суточного режима труда и отдыха, то есть от чередования периодов работы, отдыха и сна. В соответствии с суточным циклом работоспособности наивысший уровень ее отмечается в утренние и дневные часы: с 8 до 12 и с 14 до 17. В вечерние часы работоспособность понижается, достигая своего минимума ночью. Эти закономерности должны

учитываться при определении сменности работы, начала и окончания работы в сменах, перерывов на отдых и сон. Динамика работоспособности изменяется в течение недели: наивысшая работоспособность приходится на 2-й, 3-й и 4-й день работы, в последующие дни она понижается. В понедельник работоспособность понижена вследствие вработываемости.

Элементами рационального режима труда и отдыха является производственная гимнастика, психофизиологическая разгрузка. В основе производственной физкультуры лежит феномен активного отдыха, описанный И.М. Сеченовым: утомленные мышцы лучше отдыхают при работе других мышечных групп. Задачей производственной физкультуры является возобновление рабочего стереотипа в начале рабочей смены и сохранение его в течение рабочего дня. С этой целью применяется вводная гимнастика (5-7 мин), физкульт-паузы (по 5-10 мин 1-4 раза в смену) и физкультурные минутки (2-3 мин). Для снятия усталости и нервно-психологического напряжения используются специально оборудованные помещения, где эффект психоэмоциональной разгрузки достигается за счет интерьера помещения, функциональной музыки и других факторов.

2. Средства тушения пожара

Вещества, которые создают условия при которых прекращается горение называются огнегасящими. Они должны быть дешевыми и безопасными в эксплуатации не приносить вреда материалам и объектам.

Вода является хорошим огнегасящим средством, обладающим следующими достоинствами: охлаждающее действие, разбавление горючей смеси паром (при испарении воды ее объем увеличивается в 1700 раз), механическое воздействие на пламя, доступность и низкая стоимость, химическая нейтральность. Недостатки: нефтепродукты всплывают и продолжают гореть на поверхности воды; вода обладает высокой электропроводностью, поэтому ее нельзя применять для тушения пожаров на электроустановках под напряжением. Тушение пожаров водой производят установками водяного пожаротушения, пожарными автомашинами и

водяными стволами. Для подачи воды в эти установки используют водопроводы. К установкам водяного пожаротушения относят спринклерные и дренчерные установки.

Спринклерная установка представляет собой разветвленную систему труб, заполненную водой и оборудованную спринклерными головками. Выходные отверстия спринклерных головок закрываются легкоплавкими замками, которые расплавляются при воздействии определенных температур (345, 366, 414 и 455 К). Вода из системы под давлением выходит из отверстия головки и орошает конструкции помещения и оборудование.

Дренчерные установки представляют собой систему трубопроводов, на которых расположены специальные головки - дренчеры с открытыми выходными отверстиями диаметром 8, 10 и 12, 7 мм лопастного или розеточного типа, рассчитанные на орошение до 12 м² площади пола. Дренчерные установки могут быть ручного и автоматического действия. После приведения в действие вода заполняет систему и выливается через отверстия в дренчерных головках.

Пар применяют в условиях ограниченного воздухообмена, а также в закрытых помещениях с наиболее опасными технологическими процессами. Гашение пожара паром осуществляется за счет изоляции поверхности горения от окружающей среды. При гашении необходимо создать концентрацию пара приблизительно 35 %.

Пены применяют для тушения твердых и жидких веществ, не вступающих во взаимодействие с водой. Огнегасящий эффект при этом достигается за счет изоляции поверхности горючего вещества от окружающего воздуха. Огнетушащие свойства пены определяются ее кратностью - отношением объема пены к объему ее жидкой фазы, стойкостью дисперсностью, вязкостью. В зависимости от способа получения пены делят на химические и воздушно-механические.

Химическая пена образуется при взаимодействии растворов кислот и щелочей в присутствии пенообразующего вещества и представляет собой

концентрированную эмульсию двуокиси углерода в водном реакторе минеральных солей. Применение химических солей сложно и дорого, поэтому их применение сокращается.

Воздушно-механическую пену низкой (до 20), средней (до 200) и высокой (свыше 200) кратности получают с помощью специальной аппаратуры и пенообразователей ПО-1, ПО-1Д, ПО-6К и т.д.

Инертные газообразные разбавители : двуокись углерода, азот, дымовые и отработавшие газы, пар, аргон и другие.

Ингибиторы - на основе предельных углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены атомами галлоидов (фтор, хлор, бром). Галоидоуглеводороды плохо растворяются в воде, но хорошо смешиваются со многими органическими веществами:

- тетрафтордибромэтан (хладон 114В2),
- бромистый метилен
- трифторбромметан (хладон 13В1)
- 3, 5, 7, 4НД, СЖБ, БФ (на основе бромистого этила)

Порошковые составы несмотря на их высокую стоимость, сложность в эксплуатации и хранении, широко применяют для прекращения горения твердых, жидких и газообразных горючих материалов. Они являются единственным средством гашения пожаров щелочных металлов и металлоорганических соединений. Для гашения пожаров используется также песок, грунт, флюсы. Порошковые составы не обладают электропроводимостью, не корродируют металлы и практически не токсичны. Широко используются составы на основе карбонатов и бикарбонатов натрия и калия.

Аппараты пожаротушения: передвижные (пожарные автомобили), стационарные установки, огнетушители.

Автомобили предназначены для изготовления огнегасящих веществ, используются для ликвидации пожаров на значительном расстоянии от их дислокации и подразделяются на :

- автоцистерны (вода, воздушно-механическая пена) АЦ - 40 2, 1 - 5м³ воды;
- специальные - АП - 3, порошок ПС и ПСБ - 3 3, 2т.
- аэродромные ; вода, хладон.

Стационарные установки предназначены для тушения пожаров в начальной стадии их возникновения без участия человека. Подразделяются на водяные, пенные, газовые, порошковые, паровые. Могут быть автоматическими и ручными с дистанционным управлением.

Огнетушители - устройства для гашения пожаров огнегасящим веществом, которое он выпускает после приведения его в действие, используется для ликвидации небольших пожаров. Как огнетушащие вещества в них используют химическую или воздухомеханическую пену, диоксид углерода (жидком состоянии), аэрозоли и порошки, в состав которых входит бром.

Подразделяются: по подвижности:

- ручные до 10 литров
- передвижные
- стационарные

по огнетушащему составу:

- жидкостные; (заряд состоит из воды или воды с добавками)
- углекислотные; (СО₂)
- химпенные (водные растворы кислот и щелочей)
- воздушно-пенные;
- хладоновые; (хладоны 114В2 и 13В1)
- порошковые; (ПС, ПСБ-3, ПФ, П-1А, СИ-2)
- комбинированные

Огнетушители маркируются буквами (вид огнетушителя по разряду) и цифровой (объем). Ручной пожарный инструмент - это инструмент для раскрытия и разбирания конструкций и проведения аварийно-спасательных работ при гашении пожара. К ним относятся : крюки, ломы, топоры, ведра,

лопаты, ножницы для резания металла. Инструмент размещается на видном и доступном месте на стендах и щитах. Для организации работ по ликвидации последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, обеспечения постоянной готовности к действиям аварийно-спасательной службы страны, а также для осуществления контроля за разработкой и реализацией мер по предупреждению возможных аварий и катастроф создана Государственная комиссия по чрезвычайным ситуациям Кабинета Министров Республики Узбекистан. В целях ликвидации последствий стихийных бедствий, аварий и катастроф в союзных и автономных республиках, краях, областях, городах и районах создают постоянно действующие комиссии по чрезвычайным ситуациям. Все задачи по ликвидации последствий ЧС выполняются поэтапно в определенной последовательности в максимально короткие сроки. На первом этапе решаются задачи по экстренной защите населения, предотвращению развития или уменьшения воздействия последствий ЧС и подготовке к выполнению спасательных и других неотложных работ. Основные мероприятия по экстренной защите населения: оповещение об опасности; использование средств защиты; соблюдение режимов поведения; эвакуация из опасных зон; применение средств медицинской профилактики и оказание пострадавшим медицинской и других видов помощи. Для предупреждения развития или уменьшения последствий ЧС производится локализация аварий, приостановка или изменение технологического процесса производства, предупреждение и тушение пожаров. Основные мероприятия по подготовке к выполнению спасательных и других неотложных работ; приведение в готовность органов управления, сил и средств; ведение разведки очага поражения и оценка сложившейся обстановки. Выполнение спасательных и других неотложных работ является основной задачей второго этапа ликвидации последствий ЧС. Одновременно продолжается выполнение начатых на первом этапе задач по защите населения и уменьшению воздействия последствий чрезвычайных ситуаций.

Спасательные и другие неотложные работы ведутся непрерывно с необходимой сменой спасателей и ликвидаторов и соблюдением техники безопасности и мер предосторожности. Спасательные работы включают и розыск пострадавших, извлечение их из завалов, горящих зданий, транспортных средств, эвакуации людей из опасных зон, оказание пострадавшим первой медицинской и других видов помощи.

К неотложным работам относятся: локализация и тушение пожаров, разборка завалов, укрепление конструкций, угрожающих обрушением, восстановление коммунально-энергетических сетей, линий связи и дорог в интересах обеспечения спасательных работ, проведения санитарной обработки людей, дезактивации, дегазации и т. д. При ведении спасательных и других неотложных работ организуются все виды обеспечения. При этом особое внимание уделяется размещению пострадавшего населения, обеспечению его продовольствием, водой, оказанию медицинской, материальной и финансовой помощи.

На третьем этапе разрешаются задачи по обеспечению жизнедеятельности населения в районах, пострадавших в результате аварии, катастрофы или стихийного бедствия. В этих целях осуществляются мероприятия по восстановлению жилья или возведению временных жилых построек, восстановлению энерго и водоснабжения, объектов коммунального обслуживания, линий связи. Сюда же могут быть, отнесены санитарная очистка очага поражения, оказание населению помощи, снабжение людей продуктами питания, предметами первой необходимости и т. п. По окончании этих работ проводится возвращение (реэвакуация) эвакуируемого населения. На третьем этапе начинаются работы по восстановлению функционирования объектов народного хозяйства. Эти работы выполняются строительными, монтажными и другими специальными организациями. Возникновение отдельных видов ЧС может быть спрогнозировано заблаговременно, В этих случаях в соответствии с планами проводятся мероприятия в целях защиты населения, предотвращения или уменьшения последствий ЧС и по подготовке

к проведению спасательных и других неотложных работ. Характер и объем этих мероприятий зависит от вида ЧС, их возможных масштабов и времени до их предполагаемого возникновения. В целях защиты населения осуществляется: оповещение и информирование населения об опасности; приведение в готовность средств защиты; проверка готовности систем и средств управления; подготовка к выдаче или выдача населению средств индивидуальной защиты и медицинской профилактики; проведение санитарных и противоэпидемических мероприятий; подготовка к эвакуации, а при необходимости проведение эвакуации из районов и участков, которым угрожает опасность.

Заключение

Годом рождения Internet-телефонии считают 1995-й, когда компания Vocaltec опубликовала программное обеспечение Internet Phone для системы телефонной передачи с использованием протокола IP. Для сетевой реализации Internet Phone до середины 1990-х были доступны только телефонные модемы, поэтому передача речи посредством Internet Phone значительно уступала по качеству традиционной телефонной связи.

Между тем события стали развиваться столь стремительно, что сейчас реальные возможности технологии VoIP значительно шире ее формального названия. По существу эта технология представляет собой средство для передачи не только речи, но и произвольной информации с использованием протокола IP, а обобщающим термином стало определение «мультимедийная». Соответствующая структура данных может включать речь, изображение и данные в любых комбинациях. Эту триаду обычно называют Triple Play.

Архитектура сети VoIP может быть представлена в виде двух плоскостей. Нижняя отображает транспортный механизм негарантированной доставки

мультимедийного трафика в виде иерархии протоколов RTP/UDP/IP, а верхняя — механизм управления обслуживанием вызовов. Ее ключевыми протоколами являются H.323 ITU-T, SIP, MGCP и MEGACO, представляющие собой различные реализации обслуживания вызовов в сетях IP-телефонии.

Передача голоса по IP и беспроводные локальные сети — две технологии, в последние годы переживающие стадию стремительного развития. Обе воспринимаются в корпоративной области как очень требовательные: аспекты безопасности трафика данных и необходимый уровень качества передачи голоса в реальном времени приходится рассматривать в контексте ограниченной пропускной способности распространенных радиостандартов IEEE 802.11b и 802.11g в пределах отдельных радиоячеек. Благодаря успеху протокола организации сеанса (Session Initiation Protocol, SIP) для VoIP в комбинации с протоколом передачи данных в реальном времени (Real-Time Transport Protocol, RTP) в рамках телефонной системы становится возможным к тому же объединять компоненты принципиально разных производителей.

Сначала нам стоит ответить на вопросы какие плюсы дает новое решение передача голоса по IP? Или почему нам переходит на новое решение когда у нас есть стабильная и качественная технология чем WLAN? Например в обычных LAN сетях могут быть возникнуть проблемы с соединением пользователей, т.е. масштабируемость или сказать по другому трудности по место положение. Кроме этого требуется не маленькая сумма для реализации сетей (прокладка кабелей, свитчи, разъемы для рабочих мест). В WLAN сетях вышеуказанные проблемы нет, т.е. прокладка кабеля, установка разъемов для каждой точки и т.д. Также есть возможность подключения и расширения абонентов за счет пропускной способности беспроводного канала. Кроме этого пользователи могут воспользоваться с WLAN внутри офиса с помощью разных терминалов, не зависимо где они находятся. В качестве мобильных терминалов можно указать смартфоны, планшеты и ноутбуков.

В качестве вывода можно сказать, что с помощью этой технологии можем увеличивать количество мобильных терминалов и возможность соединении

сети с любой точки офиса (диапазон WLAN). Один из основных целей этой работы обеспечения качество обслуживание в сетях WLAN. Надеюсь полученные нами результаты, будут использованы в других проектах VoIP в беспроводных сетях.

Литература

1. Каримов И.А. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном основным итогам 2013 года и приоритетным направлениям социально-экономического развития Узбекистана на 2014 год. 18 января 2014, г.Ташкент.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. «Компьютерные сети» 3-е издание, 2006г.
3. Шринавас Вагешна «Качество обслуживания в сетях IP», 2003г.
4. P.Roshan, D. Lieri, «Основы построения беспроводных сетей стандарта 802.11», 2006
5. Битнер В.И, “Мультисервисные сети связи”. Конспект лекций, 2009г.
6. И. Иванцов, «Стеки протоколов. Качество передачи в сетях VoIP», [«Журнал сетевых решений/LAN»](#), № 05, 2007.
7. С. Пахомов, «Анатомия беспроводных сетей//Компьютер Пресс. 2002. No7. С.167-175».
8. И. Новиков, «Качество обслуживания (QoS) в WiMAX», Журнал PC Magazine13.09.2010.
9. Андрей Абрамов, Игорь Быков. «Обеспечение QoS В сетях CDMA2000», Журнал «Мобильные телекоммуникации» №02 ,2003 г.
- 10.QoS Concept and Architecture. 3GPP, 3G TS 23.107 V 4.0.0 (2000-12).
- 11.Quality of Service. 3GPP2. S.R0035-0 v 1.0.
- 12.End-to-end Quality of Service in CDMA2000 Networks // Ericsson White Paper. 2002. 01. 28.

13. <http://www.mobilecomm.ru/view.php?id=421>.
14. <http://www.ixc.ua/113> (Архитектура VoIP сетей на базе H.323).
15. <http://www.ixc.ua/115> (Архитектура VoIP сетей на базе SIP)
16. <http://www.tuit.uz>
17. <http://www.natlib.uz>
18. <http://www.softintegro.ru>
19. <http://www.sitforum.ru>
20. <http://www.compnets.narod.ru>
21. <http://www.fiberman.ru>
22. <http://www.bookfi.org>
23. <http://www.ziyonet.uz>