

Лекция

по учебной дисциплине «Сети абонентского доступа в системах передачи данных»
ст. преп. каф. СС и ПД Владимиров Сергей Александрович

Раздел: **Разновидности технологий связи на сетях абонентского доступа и их применение.**

Тема: **Беспроводные технологии абонентского доступа.**

Учебные вопросы:

1. Радиотехнология DECT.
2. Беспроводная сеть доступа WiMax.
3. Широкополосные радиосети WiFi.
4. Технологии сотовой связи.
5. Спутниковые радиосети и их особенности.

Литература:

1. DECT — краткое описание стандарта. Материалы сайта <http://www.informind.ru>.
2. Стандарт WiMAX: техническое описание, варианты реализации и специфика применения / А. Архипкин // Беспроводные технологии. No 3. 2006. Материалы сайта <http://www.wireless-e.ru>.
3. Развитие мобильной связи от 1G к 5G. Материалы сайта <http://www.vitasvyaz.ru>.
4. Поколения мобильной связи. Материалы сайта <http://1234g.ru>

Применение радиотехнических средств в сетях абонентского доступа началось давно. Первенцем, по всей видимости, можно считать радиоканал, предназначенный для создания одной АЛ. На профессиональном жаргоне связистов комплекс оборудования для организации АЛ получил название “радиоудлинитель”. Затем появились многоканальные системы, вначале аналоговые и, несколько позже, цифровые. Первые многоканальные системы использовались для организации связи типа «point-to-point» - конфигурация «точка - точка». Такое решение подразумевает установку оборудования радиорелейной линии (РРЛ) для подключения к местной АТС выносного модуля.

Для организации связи с группой терминалов, распределенных по некоторой территории, были разработаны системы типа «point-to-multipoint» - «точка - множество точек». В названии таких систем в английском языке используются слова Multiple Access. Специалисты радиосвязи трактуют их как многостанционный доступ. Этим подчеркивается физика процесса. Под станцией, в данном случае, понимается оконечное устройство и система многостанционного доступа обеспечивает возможность одновременного обслуживания нескольких терминалов. Специалисты проводной связи обычно переводят слова Multiple Access как множественный или коллективный доступ. Оба варианта перевода, с точки зрения современной терминологии сетей, можно считать корректными.

Существенные изменения в принципах использования радиосредств в сетях доступа произошли только в последние годы. Это связано с широким использованием сотовых (Cellular) и сетевых радиотехнологий, которые позволяют оператору связи эффективно использовать выделенный спектр частот. В настоящее

время они нашли свое применение и используются как в мобильных, так и в стационарных системах связи.

Перечислим основные радиотехнологии операторского класса, получившие применение на сетях и перспективные, позволяющие создавать сети абонентского доступа: DECT, WiMax, WiFi, набор технологий сотовой связи, технологии связи через спутник.

Радиотехнология DECT

Радиотехнология стандарта DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) разработана ETSI (Европейским Институтом Стандартов в области Связи) и его первая редакция была принята в 1992 году.

Особенности технологии DECT:

- Качество связи аналогичное проводной линии – 32 кБит/с АДИКМ (ADPCM);
- Самая высокая скорость передачи данных среди всех TDMA-стандартов;
- Высокая применяемость систем на основе DECT:
 - домашние беспроводные многотерминальные системы, которые также подходят для малого офиса,
 - микросотовые беспроводные корпоративные системы (офисные и учрежденческие АТС с радиодоступом),
 - микросотовые системы общего пользования (СТМ),
 - операторские системы фиксированного радиодоступа (WLL) и др.
 - Существование различных некоординируемых DECT-систем в общем частотном диапазоне без необходимости частотного планирования;
 - Совместимость оборудования разных производителей (при наличии GAP);
 - Обеспечение перехода из соты в соту без разрыва соединения (хэндовер);
 - Возможность обслуживания одной трубки в разных сетях (частных и общего пользования);
 - Обеспечение высокой пропускной плотности трафика - до 10,000 Эрл/км²;
 - Совместимость с другими радиосистемами;
 - Отсутствие канала управления - устойчивость к радиопомехам;
 - Низкий уровень излучения передатчика - безопасность для здоровья.

Беспроводная сеть доступа WiMAX

Беспроводная технология WiMAX разрекламирована в прессе и много писалось о том, что системы WiMAX могут передавать данные на расстояние до 50км со скоростью 70Мбит/с. Но, по данным корпорации Intel, максимальная скорость передачи данных, примерно равная 70Мбит/с, реализуется при использовании 20МГц-канала и высокоуровневой модуляции 64QAM^{3/4} и при такой модуляции радиус соты не может быть равным 50км (в реальной системе SkyMAX фирмы Siemens он составляет только 4..6км в зависимости от условий распространения радиосигналов). Другие системы WiMAX работают в частотных полосах шириной от 3,5 до 10МГц, а в полосе частот 10МГц максимальная расчетная скорость передачи данных получается примерно 37Мбит/с. Требуется учитывать и тот факт, что, по разным экспертным оценкам, реальная скорость

передачи данных составляет 30—65% от максимальной и абонентам не стоит рассчитывать на 70Мбит/с. Эту радиотехнологию подробнее Вам дадут в курсе «Передача данных в беспроводных сетях».

Широкополосные радиосети WiFi

Wi-Fi — технология организации беспроводной локальной сети с устройствами на основе стандартов IEEE 802.11. В рамках технологии получили развитие целое семейство стандартов и процесс этот продолжается.

Рассматривая эту технологию с точки зрения развертывания сети абонентского доступа можно сказать, что она относится к классу так называемых технологий «заплаточного типа» - то есть предоставление негарантированного доступа к отдельным услугам на незначительной территории в пределах двора (может чуть больше) и развертывать сеть операторского класса на ее базе не имеет смысла. Но она позволяет, что называется подхватить абонента.

Наилучший спектр применения этой технологии — это обеспечение мобильности абонентов в пределах ограниченных территорий. И применяя такой подход эта радиотехнология позволяет получить приемлемые результаты особенно в пределах закрытых объемов как раз обеспечивая абоненту свойство мобильности внутри — квартира, офис, выставка, метро или другой транспорт.

Операторы фиксированной связи на конкурентных рынках используют Wi-Fi как сервис с добавленной стоимостью и привлекают пользователей, расширяя свой бренд в домашнюю зону пользователей и помогая себе снижать или даже предотвращать отток пользователей к другим операторам-конкурентам.

Мобильные операторы используют точки доступа и радиодиапазоны стандарта Wi-Fi для прибавления спектра к тем ограниченным полосам, которые они имеют по лицензии. Фактически используются частотные каналы WiFi для расширения полосы оператором, у которого не хватает частот 2G/3G/4G. Мобильные операторы, особенно для пользователей смартфонов, существенно снижают риск оттока пользователей из-за недостаточной производительности мобильной сети по передаче данных. Wi-Fi помогает здесь реально. Значительным плюсом является и дополнительная возможность более эффективного управления перегрузками на их собственных сетях.

Эта технология получила значительное развитие именно благодаря точкам доступа и ограниченным сетям некоммерческого использования.

Аутентификация абонентов и операторские услуги на сетях Wi-Fi предоставляются традиционным для IP-сетей способом, а регистрация и доступ абонента в самой радиосети производится средствами и способами самой локальной радиосети.

В России разрешено использование оборудования Wi-Fi без получения частного разрешения на использование частот для организации сети внутри зданий, закрытых складских помещений и производственных территорий в полосах 2400—2483,5МГц (стандарты 802.11b и 802.11g,n; каналы 1—13) и 5150-5350МГц и 5650—6425МГц (802.11a и 802.11n; каналы 34-64) с допустимой мощностью излучения передатчика не более 100мВт для пользовательских устройств и устройств малого радиуса действия. В диапазоне 5150—5250МГц для устройств

малого радиуса действия максимальная эквивалентно изотропно излучаемая мощность передатчика повышена, но не более 200мВт;

Для легального использования внеофисной беспроводной сети Wi-Fi (например, радиоканала между двумя соседними домами) необходимо получение разрешения на использование частот (как в полосе 2,4ГГц, так и 5ГГц) на основании заключения экспертизы о возможности использования заявленных РЭС и их электромагнитной совместимости (ЭМС) с действующими и планируемыми для использования РЭС.

В Москве 29 февраля 2016 было принято решение об использовании в России частотного диапазона 57—66 ГГц (каналы 1-4) для устройств стандарта IEEE 802.11ad (WiGig — сети с радиусом примерно до 10м)

В стандарте 802.11ac WiFi реализована технология MU-MIMO (где MU обозначает multiuser), прежде бывшая отличительной чертой WiMAX/LTE. Отличие MU-MIMO в том, что сигнал не просто разделяется на поднесущие (для более высокоскоростной коммуникации с одним клиентом), но различные поднесущие частоты могут назначаться для формирования беспроводных каналов связи с разными клиентами базовой станции. Таким образом, возможен параллельный обмен данными с множеством оконечных устройств разом, естественно за счет сужения полосы для одного.

Технологии сотовой связи

Развитие сетей сотовой связи не прекращается. Разработчики и инженеры крупных компаний постоянно создают и отрабатывают новые решения способные повысить скорость и надежность передачи данных. Каждое новое поколение мобильных технологий связано с увеличением возможностей и с появлением качественно новых сервисов. Первое поколение (от англ. Generation) **1G** было полностью аналоговым и позволяло осуществлять только передачу голоса. Для современного человека аналоговая сотовой связь звучит несколько непривычно. Однако, во времена начала разработок в 1970-х годах о мобильном интернете тоже мало кто задумывался. Самые распространенные стандарты связи этого поколения - American AMPS, Nordic NMT, EuropeanTACS. Их запуск относится к концу 70-х началу 80-х годов. Сейчас они устарели и не представляют интереса.

Второе поколение мобильной связи **2G** стало полностью цифровым. Сюда относятся стандарты GSM, CDMA One, D-AMPS. В России и Европе популярность завоевал стандарт GSM (был принят в 1988г.). И сегодня сети этого стандарта, вместе с надстройками к нему, имеют самую большую площадь покрытия в мире. Для передачи данных к стандарту GSM была добавлена надстройка **GPRS** со скоростью передачи данных до 171,2кбит/с. Данную технологию выделяют в под стандарт **2.5G**. Позднее в 2003 году была реализована вторая надстройка **2.75G - EDGE** со скоростью до 474 кбит/с. В Америке и Азии популярность получил стандарт CDMAOne. Его эволюция привела к появлению технологии CDMA2000 1X со скоростью до 153 кбит/сек.

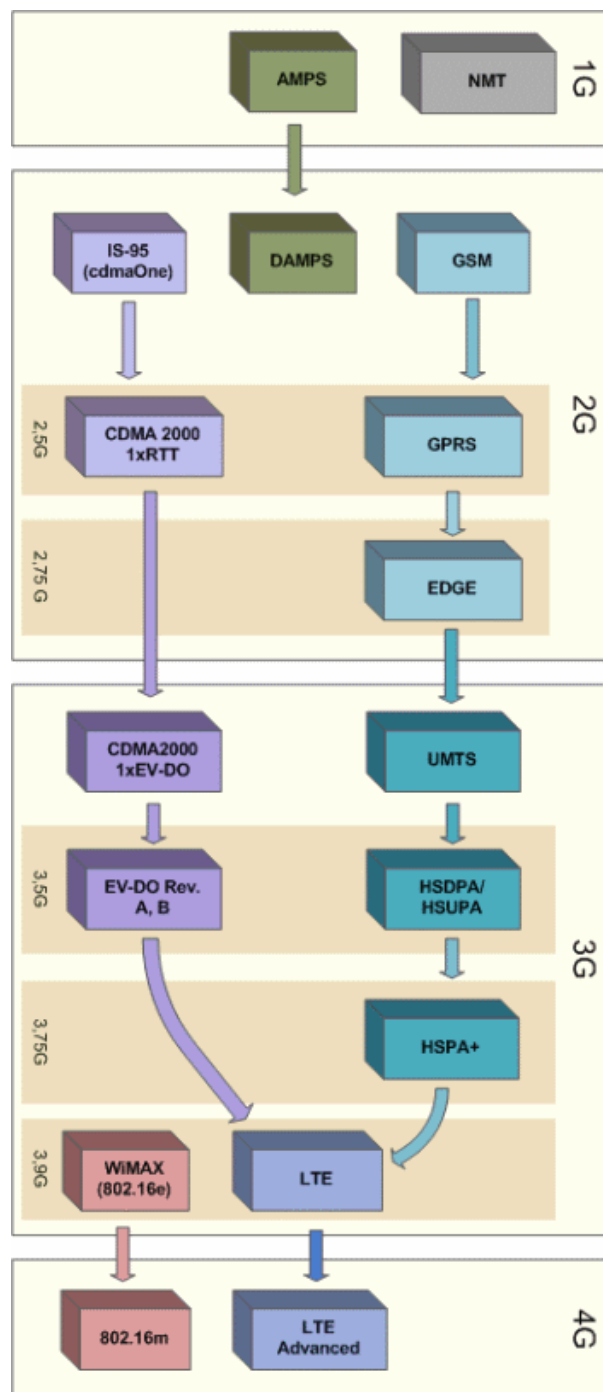


Рис. 14. Эволюция развития сотовой связи.

Поколение **3G** дало существенный прирост скорости передачи данных. Мобильные устройства позволяют не только совершать голосовые вызовы, но и полноценно использовать ресурсы сети Интернет. Европейские стандарты GSM/GPRS/EDGE эволюционируют в UMTS (или WCDMA). В базовом варианте стандарта предусмотрена скорость передачи данных от 384кбит/с до 2Мбит/с. По аналогии с 2G здесь также появляются надстройки увеличивающие скорость работы. Надстройка HSDPA/HSUPA выделяется в подстандарт **3.5G**. Скорость передачи возрастает до 14.4Мбит/сек. Появление HSPA+ **3.75G** использующего технологию MIMO позволило добиться скоростей 42.2Мбит/сек. Американский стандарт CDMA также получают развитие до CDMA EVDO Rev. A с возможностями передачи до 3.1 Мбит/сек и EVDO Rev.B со скоростью до 73.5Мбит/сек.

Поколение **4G** многие относят к 2008 году, когда организация 3GPP (Third Generation Partnership Project) утвердила стандарт LTE (Long Term Evolution). Однако официально в 2012г. к сетям 4G отнесли расширенную версию данного стандарта LTE Advanced, а также сети WiMax2. Сети нового стандарта могут быть реализованы на частотах от 700МГц до

2.7ГГц. Новый стандарт обеспечивает предельные скорости передачи данных на уровне 326,4Мбит/сек в сторону абонента и до 172.8Мбит/сек в направлении от пользователя к базовой станции. Сейчас абоненты сотовых сетей получают такие возможности, которые ранее могли предоставить только проводные операторы. При этом высокая конкуренция среди операторов не привела к повышению цен на Интернет-услуги при переходе от 3G к 4G.

5G — позиционируется как прорывная технология будущего. Прогресс не стоит на месте и сегодня в разных странах активно ведутся разработки сетей пятого поколения 5G. По заявлениям разработчиков начало тестирования было запланировано на 2017г., а появление первых сетей планируется к 2020 году. Международные организации по стандартизации ставят целью не только многократное увеличение скорости передачи до 10Гбит/сек, но и кардинальное повышение надежности сетей нового поколения. Речь ведется не только о мобильной связи, но и о внедрении технологии в такие ответственные задачи как медицина, энергетика, автомобилестроение и прочая-прочая.

4G - LTE - Long Term Evolution

4G - LTE (Long Term Evolution – долгосрочная эволюция) – технология высокоскоростного мобильного доступа в Интернет. После появления первых спецификаций этой технологии (март, 2009), коммерческие и тестовые сети LTE стали разворачиваться операторами сотовой связи по всему миру.

Стандарт LTE (E-UTRA) обладает рядом существенных преимуществ. С появлением сетей LTE исчезли различия между сетями сотовой связи (GSM, UMTS, CDMA-2000) и сетями радиодоступа семейства IEEE 802.X: 802.11 (Wi-Fi) и 802.16 (WiMAX). Фактически стандарты 3G поколения GERAN (модернизированный GSM) и UTRAN в своих аббревиатурах позиционируют себя как сети радиодоступа – Radio Access Network. Это означает, что пользовательское оборудование может быть любым – от компактных мобильных телефонов (“трубок”) до персональных компьютеров различной производительности. Скорости в десятки мегабит/с в полосе 20 МГц реализованы в сетях Wi-Fi и WiMAX. В сетях LTE Rel.8 полоса рабочих частот достигает 20 МГц, и это позволяет получить скорости, что и в сетях WiMAX. Но в отличие от сетей WiMAX сети LTE имеют выход на существующую инфраструктуру сотовых сетей и, прежде всего, на глобальную сеть GERAN/UMTS. Абоненты LTE получают услуги глобального роуминга, а при использовании многостандартных терминалов GERAN/UMTS/LTE обслуживание в тех местах, где сети LTE пока не развернуты.

Стандарт LTE объединяет целый набор передовых технологий. На физическом уровне в LTE реализована технология OFDM, обеспечивающая высокие скорости передачи в радиоканалах с многолучевым распространением радиоволн. На уровне соединений (L2) и сетевом уровне (L3) за основу взяты протоколы стандарта UTRA (UMTS) при высокоскоростной передаче трафика с коммутацией пакетов. Следующая версия стандарта LTE-A (Advanced) Rel.10, 11 обеспечивает повышение качества услуг и увеличение скоростей до сотен М/сек. Для достижения подобных скоростей в LTE-A используют совместно 2 технологии:

- расширение полосы передаваемого сигнала за счет агрегации рабочих полос,
- пространственное мультиплексирование передаваемых сигналов.

Ряд ключевых особенностей делает LTE привлекательной технологией для операторов и пользователей – использование MIMO, OFDMA/SC-FDMA на радиоинтерфейсе значительно повышает спектральную эффективность, увеличивает скорость передачи данных; flat и all-IP-архитектура, оптимизированная под передачу пакетных данных значительно снижает время отклика сети (latency), что позволяет говорить о развитии click-bang-услуг, а также о динамическом управлении качеством обслуживания (QoS).

Теоретическим скоростным пределом является 326.4Мбит/с в нисходящем направлении (от базовой станции к абоненту) и 172.8Мбит/с – в восходящем (от абонента к базовой станции). Американский сотовый оператор Verizon Wireless, протестировав реальную сеть LTE, получил 40-50Мбит/с в нисходящем и 20-25Мбит/с – в восходящем канале. Компания «Скартел» после запуска своей первой LTE-сети в Новосибирске продемонстрировала максимальную скорость 20Мбит/с в нисходящем направлении и 9Мбит/с – в восходящем. Рассмотрим особенности этой технологии.

Радиоинтерфейс 4G-LTE

В системах LTE используются два основных метода дуплексной связи: дуплекс с частотным разделением (FDD) и дуплекс с временным разделением (TDD). Применяются и другие варианты, в т.ч. FDD с половинной скоростью. При этом интеграция режимов FDD и TDD в LTE значительно ближе, чем это было в UMTS. Схема передачи в сторону абонента использует множественный доступ с ортогональным делением частот (OFDMA), а для передачи в сторону базовой станции применяется новая схема передачи, получившая название SC-FDMA. Эта новая схема объединила черты как традиционной схемы с одной несущей, так и схемы OFDM.

Множественный доступ в нисходящем канале LTE достигается за счет применения тщательно доработанной версии OFDM, получившей название множественного доступа с ортогональным разделением частот (OFDMA). Данный метод позволяет закреплять отдельные поднесущие за разными пользователями. Это облегчает обслуживание многих абонентов, работающих с низкими скоростями, а также позволяет использовать частотные скачки для смягчения эффектов узкополосного многолучевого распространения.

При этом весь имеющийся спектр разбивается на ортогональные поднесущие по 15кГц (в нисходящем канале), каждая из которых в свою очередь модулируется определенным видом модуляции (от QPSK до QAM64). 12 поднесущих – минимальная полоса, выделяемая для одного абонента. Очевидно, что использование многопозиционных методов модуляции требует каналов с высоким уровнем отношения сигнал/шум, ухудшение же радиоусловий приведет к снижению порядка модуляции, а, соответственно, и скорости передачи данных. Таким образом, при плохих радиоусловиях максимальные скорости передачи данных в нисходящем канале можно смело разделить на 3 (при QPSK одновременно передаются 2 бита информации, при QAM64 – 6 бит).

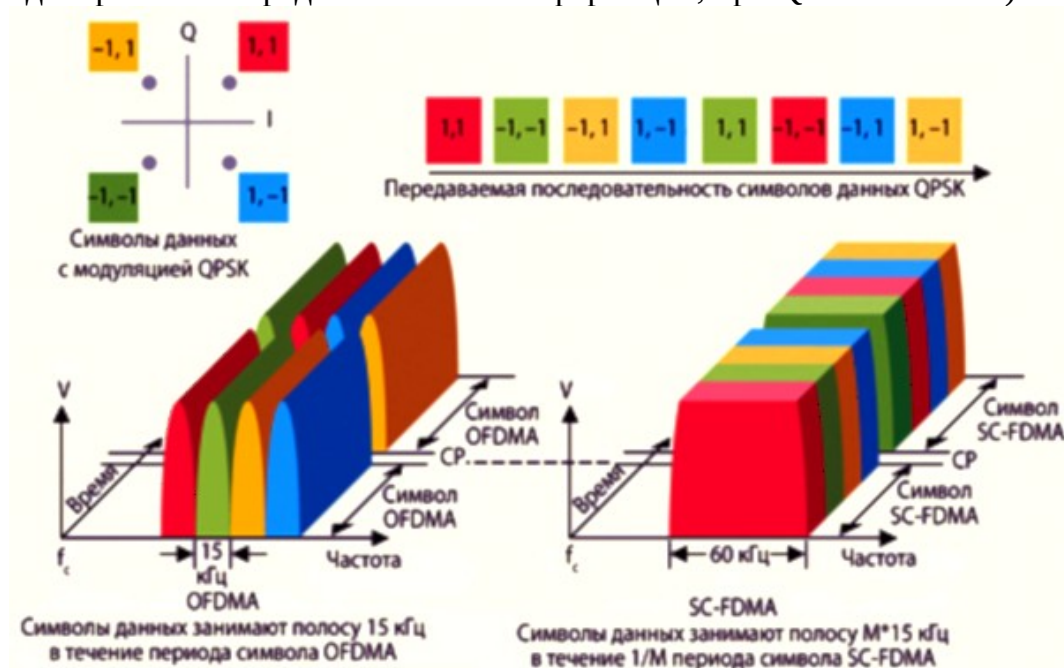


Рис. 15. Передача данных OFDMA и SC-FDMA технологиями.

На рисунке 15 показано, как OFDMA и SC-FDMA передают последовательность из восьми символов QPSK. В этом примере число поднесущих было сокращено до четырех. Для OFDMA четыре символа обрабатываются параллельно, причем каждый из них модулируется собственной поднесущей с соответствующей фазой QPSK. Каждый символ данных занимает полосу 15 кГц на время передачи одного символа OFDMA, которое равно 66,7 мкс. В начале следующего символа OFDMA вставляется защитный интервал, содержащий циклический префикс (CP). CP представляет собой копию конца символа, добавленную к началу символа. Благодаря параллельной передаче, символы данных имеют ту же длину, что и символ OFDMA.

В случае SC-FDMA символы данных передаются последовательно. Поскольку в данном примере используются четыре поднесущих, за один период символа SC-FDMA передаются четыре символа данных. Период символа SC-FDMA имеет ту же длину, что и символ OFDMA, т.е. 66,7 мкс, но благодаря последовательной передаче символы данных получаются короче, т.е. равными $(66,7/4)$ мкс. В связи с повышением скорости следования символов для их передачи требуется более широкая полоса. В результате каждый символ занимает в спектре 60 кГц, а не 15 кГц, как было в случае более медленных символов, используемых в OFDMA. После передачи четырех символов данных вставляется CP.

Агрегация полос позволяет увеличить суммарную полосу до $5 \times 20 = 100$ МГц. Пространственное мультиплексирование MIMO предоставляет возможность одновременно передавать в одном частотном канале до 8 различных потоков данных. В результате скорости передачи в радиоканале возрастают на порядок.

Еще одно существенное отличие сетей LTE то, что в спецификации заложена неоднородность их структур. Кроме макро, микросот и пикосот в зданиях и зонах предполагается широкое использование фемтосот (мощность передатчика до 20 мВт) – домашних базовых станций аналогичных точкам доступа в сетях Wi-Fi. При этом появляется возможность высококачественного обслуживания абонентов, находящихся в помещениях, что создает конкурентную среду с другими сетями радиодоступа. Улучшению связи способствует использование прописанных в спецификациях релейных станций LTE и то, что все интерфейсы, кроме радиоинтерфейса, построены на основе IP-протокола - сети LTE являются all-IP сетями.

Сети стандарта E-UTRAN (LTE) предназначены для обмена пакетным трафиком между абонентами сетей радиодоступа и для доставки пакетов на абонентский терминал с интернет-серверов. Структура сети LTE представлена на рис. 16.

Сеть радиодоступа E-UTRAN состоит из узлов базовых станций eNB (E-UTRAN NodeB или eNodeB), где соседние eNB соединены между собой интерфейсом X2. Ядро сети EPC (Evolved Packet Core) (рис. 16) состоит из обслуживающего шлюза S-GW (Serving Gateway), шлюза для выхода на пакетные сети PDN GW (Packet Data Network Gateway), структуры управления по протоколу Mobility Management MME (Mobility Management Entity), связанной с S-GW и eNodeB сигнальными интерфейсами. На рис. 16 соединения для передачи данных показаны толстыми линиями, сигнальные соединения – тонкими.

UE (абонентский терминал) подключенный к сети LTE, может находиться в состоянии *CONNECTED (ACTIVE)* или в состоянии *IDLE*. В состоянии *CONNECTED* идет обмен сообщениями (как сигнальными, так и пакетами данных) по радиоинтерфейсу. В состоянии *IDLE* станция переводится на время пауз в сеансе связи. В этом состоянии абонент сохраняет свой IP-адрес, сеть поддерживает абонентские базы данных, а местоположение абонента определено с точностью до зоны слежения Tracking Area.

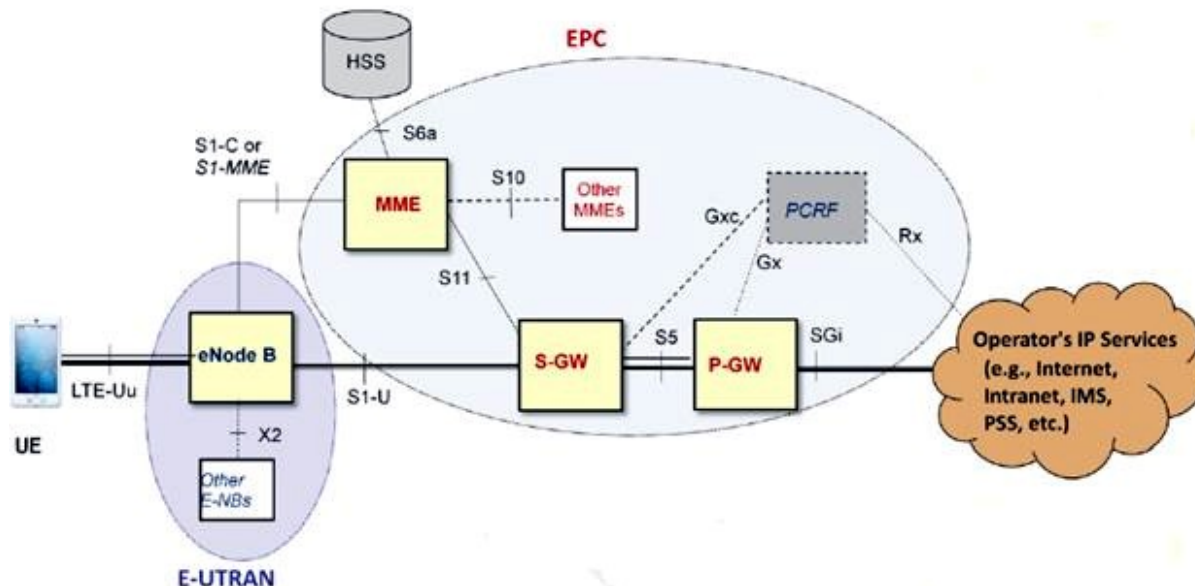


Рис. 16. Обобщенная структура сети LTE.

Сеть включает в себя мобильные терминалы (UE – User Equipment), сеть радиодоступа **E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network)** и новое ядро сети **Evolved Packet Core (EPC)**. Для обслуживания абонентов сеть имеет выход на сети с предоставлением услуг по IP-протоколу и на домашние сети абонентов (HSS – Home Subscriber Server).

eNB подключены к EPC посредством интерфейса S1. При этом интерфейс S1 в пользовательской плоскости S1-U (User Plane) непосредственно замыкается на обслуживающий шлюз S-GW (Serving Gateway), в то время как сигнальная часть интерфейса S1-C (Control Plane) следует на MME – Mobility Management Entity.

eNB объединяет в себе функции базовых станций и контроллеров сетей 3-го поколения. Для каждого активного абонента в eNB открыта база данных и eNB

- обеспечивает передачу трафика и сигнализации в радиоканале,
- управляет распределением радиоресурсов,
- обеспечивает сквозной канал трафика к S-GW,
- выбирает обслуживающий MME,
- поддерживает синхронизацию передач и контролирует уровень помех в соте,
- обеспечивает шифрацию всех пользовательских сообщений и целостность передачи сигнализации по радиоканалу,
- выбирает MME и организует сигнальный обмен с ним,
- производит обработку данных и сигнализации на уровне L2,
- организует хэндоверы,
- поддерживает услуги мультимедийного вещания.

MME:

- ведет базы данных абонентов, зарегистрированных в сети,
- выбирает S-GW и PDN GW при подключении абонентов к сети,
- обеспечивает передачу и защиту сигнализации NAS (Non Access Stratum) по протоколам MM (Mobility Management) SM (Session Management) между MME и UE,
- обеспечивает локализацию, аутентификацию и авторизацию абонентов,
- участвует в организации межсетевых связей и хэндоверов,
- организует вызовы UE, находящихся в состоянии IDLE,
- ведет сигнальный обмен с eNB при организации сквозных каналов.

Каждому UE, зарегистрированному в сети, предоставляется один Serving Gateway - S-GW – обслуживающий шлюз:

- выполняет функции “якоря” в визитной сети, маршрутизируя трафик при перемещениях UE в состоянии CONNECTED от одного eNB к другому (хэндовере),
- ведет базу данных абонентов, зарегистрированных в сети,
- участвует в организации сквозных каналов с eNB и PDN GW, а также сигнальных соединений с MME при регистрации абонента в сети и при выполнении процедуры локализации,
- предоставляет учетные данные для тарификации и оплаты выполненных услуг.

PDN GW:

- является “якорем” при подключении к внешним IP-сетям; ведет базу данных абонентов, подключенных к нему,
- организует точку доступа к внешним IP-сетям,
- активизирует статический IP-адрес абонента; если абонент должен получить на время сеанса связи динамический IP-адрес, PDN GW запрашивает его с сервера DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) или сам выполняет необходимые функции DHCP, после чего обеспечивает доставку IP-адреса абоненту,
- обеспечивает качественные характеристики услуг на внешнем соединении через интерфейс SGi и фильтрацию входящих пользовательских пакетов данных,
- организует сквозные каналы и сигнальные соединения между S-GW PDN GW,
- устанавливает требуемые качественные характеристики сквозных каналов на основе установок, полученных от PCRF, в том числе максимальные и минимальные скорости передачи данных в сквозных каналах в соответствии с качественными характеристиками передаваемого трафика QCI (QoS Class Identifier),
- ведет учёт предоставленных абонентам услуг.

PDN GW находится в домашней сети абонента, а S-GW, MME и eNB – в визитной. Если абонента обслуживает домашняя сеть, то PDN GW и S-GW связаны интерфейсом S5, если S-GW находится в визитной сети, а PDN GW в домашней, то между ними интерфейс S8, представляющий собой межсетевой вариант S5.

PCRF

Policy and Charging Resource Function (PCRF) представляет собой управляющий сервер, обеспечивающий централизованное управление ресурсами сети, учет и тарификацию предоставляемых услуг. При появлении запроса на новое активное соединение, эта информация поступает на PCRF. Он оценивает имеющиеся в его распоряжении ресурсы сети и направляет в PCEF (Policy and Charging Enforcement Function) шлюза PDN GW команды, устанавливающие требования к качеству услуг и к их тарификации. PCRF находится в домашней сети абонента. Согласно спецификациям PCRF является опциональным узлом, но операторы строят сети с PCRF.

HSS – Home Subscriber Server, обеспечивает выполнение процедур безопасности в сети LTE, исполняя функции HLR и AuC в сетях GSM/UMTS. HSS поддерживает сигнальную сеть IMS при организации услуг. MME имеют прямой выход на HSS через интерфейс S6a по протоколу Diameter.

Так как сеть LTE является IP-сетью все элементы сети LTE имеют локальные IP-адреса. Структура интерфейса S1 в плоскости управления — радиоканал - S1-AP — стык (Ethernet) — IP — SCTP(организация туннеля).

Сигнальные сообщения по S1 (S1 – Control Plane) передаются между eNB и MME. Подуровни L2 SCTP (Stream Control Transmission Protocol) и IP поддерживают стандартный транспорт для передачи сигнальных сообщений. В частности, SCTP обеспечивает надежность передачи и последовательность доставки сообщений.

В пользовательской плоскости S1 (S1 - User Plane) для обмена пакетами между eNB и S-GW используют **туннельное соединение**. Структура туннеля — **радиоканал - S1-AP — стык (Ethernet) — IP — UDP-GTP-U(туннель)**.

Формат пакета — **IP—UDP—GTP---IP--TCP/UDP--Данные** - состоит из трех подзаголовков трех подуровней туннельного протокола, содержащих:

- IP – локальные IP-адреса функциональных узлов, между которыми организован туннель;
- UDP – номера портов в соответствующих функциональных узлах;
- GTP – идентификатор собственно туннеля, помеченный его конечной точкой TEID (Tunnel Endpoint Identifier).

TEID – 32-битовое двоичное число, выделяемое при организации туннеля приемной стороной. При создании двунаправленных туннельных соединений на интерфейсе S1 между eNB и S-GW, фактически организуют 2 туннеля, один из которых имеет TEID в eNB для передачи пакетов трафика вниз, а другой в S-GW для передачи вверх. Туннельный протокол используют для передачи трафика и на интерфейсе S5/S8. В сетях LTE туннели организуют не только для передачи пакетов трафика, но и сигнализации. Сигнальные туннели реализованы на интерфейсах S5/S8 и S11.

После подключения к сети абонентского устройства, для абонента открывают базы данных в MME, S-GW и PDN GW, организуя туннельные соединения на интерфейсе S5/S8. При этом абоненту, имеющему индивидуальный системный номер IMSI (International Mobile Subscriber Identity), MME назначает временный номер M-TMSI (MME Temporary Mobile Subscriber Identity) длиной 32 бита. В сети E-UTRAN UE может находиться в двух состояниях: *ECM_CONNECTED* и *ECM_IDLE*[2]. В состоянии *CONNECTED (ACTIVE)* активизировано соединение на радиоинтерфейсе между UE и eNB, в обслуживающем eNB открыта база данных UE, и организованы сквозные каналы на интерфейсе S1 для передачи сигнализации или трафика. Местоположение абонента известно с точностью до соты, а при перемещении абонента от одного eNB к другому происходит процедура хэндовера. В перерывах передачи трафика по радиоканалу сеть переводит UE в состояние *IDLE*. В этом состоянии сохраняются базы данных абонента в MME, S-GW, PDN GW и туннели на интерфейсах S5/S8 и S11. UE в состоянии *IDLE* локализована с точностью до **зон слежения** (Tracking Area). Зона слежения – это группа сот, через которые передают одновременно сигналы пейджинга (вызова по радиоканалу при поступлении входящего трафика).

Перемещаясь по сети в состоянии *IDLE*, UE прослушивает сигналы eNB, совершая **процедуру реселекции сот**, т.е. переключаясь на eNB с наиболее сильным сигналом. При переключении на eNB, расположенном в зоне, отсутствующей в списке, UE запускает **процедуру локализации**. При этом происходит обновление базы данных абонента в MME, а абонент получает новый временный номер M-TMSI.

Для увеличения ширины полосы в LTE Rel.10 работает технология агрегации полос. Это значит, что одновременно с передачей в базовой полосе частот появляется возможность вести одновременно передачу еще в нескольких полосах но не более 5-ти. При этом в каждой новой полосе формируют индивидуальный сигнал OFDM, где поднесущие номеруют от 1 до максимальной. Это означает, что передают несколько независимых сигналов, которые могут принимать как один так и группа терминалов. Повторную передачу непринятых пакетов также осуществляют независимо в каждой полосе. Агрегировать можно полосы разной ширины (5, 10, 20МГц), причем число присоединенных полос вниз и вверх может быть разным (асимметричный трафик), но число полос вверх не может быть больше их числа вниз. Оператор может выбирать полосы из одного диапазона (подряд или с промежутками) или из разных диапазонов.

Мобильные терминалы, начиная с LTE Rel.10, должны поддерживать такие режимы.

HSS в LTE реализует функции базовой сети и обеспечивает совместимость 4G и 3G (3GPP) сетей. Напомним, как это работает.

Оборудование подсистемы коммутации состоит из центра коммутации подвижной связи MSC, регистра положения HLR, регистра перемещения VLR, центра аутентификации AuC и регистра идентификации оборудования EIR. Центр коммутации подвижной связи обслуживает группу сот и обеспечивает все виды соединений, в которых нуждается абонентская станция в процессе работы. Он представляет собой интерфейс между сетью подвижной связи и фиксированными сетями, такими как телефонная сеть общего пользования PSTN, сети пакетной передачи PDN, цифровые сети с интеграцией служб ISDN, и обеспечивает маршрутизацию вызовов и функцию управления вызовами. Кроме этого, на MSC возлагаются функции коммутации радиоканалов, к которым относятся эстафетная передача, обеспечивающая непрерывность связи при перемещении абонентской станции из соты в соту, и переключение рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностей. Центр коммутации осуществляет постоянное слежение за абонентскими станциями, используя регистры положения и перемещения. В регистре положения хранится та часть информации о местоположении какой-либо подвижной станции, которая позволяет центру коммутации доставить вызов. Этот регистр содержит международный идентификационный номер подвижного абонента (IMSI), который используется для опознавания абонентской станции в центре аутентификации (AuC).

Регистр перемещения VLR - это второе основное устройство, обеспечивающее контроль за передвижением абонентской станции из соты в соту. С его помощью достигается функционирование подвижной станции за пределами контролируемой регистром положения зоны. Когда в процессе перемещения подвижная станция переходит из зоны действия одного контроллера базовых станций в зону действия другого, то она регистрируется последним, т.е. в регистр перемещения VLR заносится новая информация. Для сохранности данных, находящихся в регистрах положения и перемещения, в случае сбоев предусмотрена защита запоминающих устройств этих регистров.

Каждая абонентская станция имеет свой международный идентификационный номер (IMSI), записанный в ее памяти. Каждой абонентской станции присваивается еще один международный идентификационный номер IMEI, который используется для исключения доступа к сетям GSM с помощью похищенной станции или станции, не обладающей такими полномочиями.

Оборудование подсистемы базовых станций состоит из контроллера базовых станций BSC и собственно базовых станций BTS. Один контроллер может управлять несколькими станциями. Он выполняет следующие функции: управляет распределением радиоканалов; контролирует соединения и регулирует их очередность; обеспечивает режим работы с «прыгающей» частотой, модуляцию и демодуляцию сигналов, кодирование и декодирование сообщений, кодирование речи, адаптацию скорости передачи речи, данных и сигналов вызова; определяет очередность передачи сообщений персонального вызова.

В стандарте 3GPP (GSM) используется узкополосный многостанционный доступ с временным разделением каналов.

Основные характеристики стандарта GSM:

- частоты передачи мобильной (UE) и приема базовой станции (BS) 890-915 МГц;
- частоты приема мобильной UE и передачи базовой станции BS 935-960 МГц;
- ширина полосы одного канала $Dfk=200$ кГц;
- ширина полосы системы 50 МГц;
- максимальное количество радиоканалов – 124;
- максимальное количество радиоканалов в BS — 16 -20;

- количество речевых каналов на несущей - 8;
- алгоритм преобразований речи – RPE-LTP;
- скорость преобразования речи – 13 Кбит/с;
- скорость передачи информации – 270 Кбит/с;
- вид модуляции – 0,3 GMSK;
- радиус соты –5-35 км;
- мощность передачи: BS - 44 Вт (13 дБ*Вт), UE – 1 Вт (3 дБ*Вт).

В полосе 25МГц (см. рис. 17) организует 120 несущих частот и TDMA - временное разделение на 1 несущей частоте организуется 8 временных окон — каждое обозначается номером от 0 до 7, т. е. в одном кадре одновременно могут передаваться 8 речевых каналов..

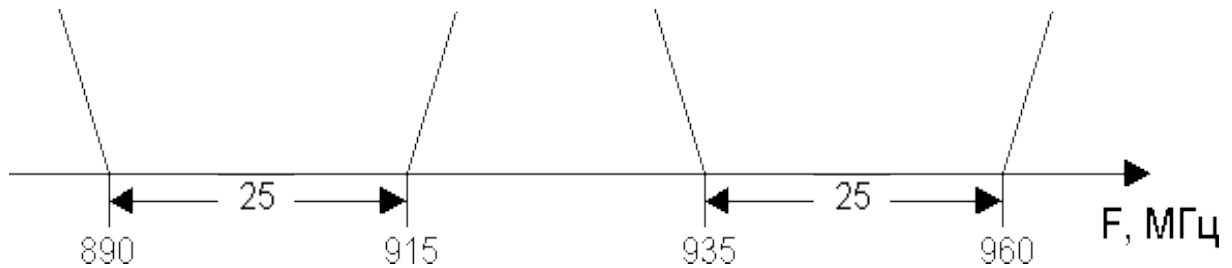


Рисунок 17. Реализация FDD в GSM (дуплексный разнос частот передачи и приема).

Цифровой информационный поток представляет собой последовательность пакетов, размещаемых в этих временных интервалах (окнах). Пакеты формируются немного короче, чем интервалы, их длительность составляет 0,546мс, что необходимо для приема сообщения при наличии временной дисперсии в канале распространения. Общая длительность одного TDMA-кадра составляет 4,615мс.

Одной из особенностей формирования сигналов в стандарте GSM является использование медленных скачков по частоте в процессе сеанса связи – SFH (Slow Frequency Hopping). Главное назначение таких скачков – обеспечение частотного разнесения в радиоканалах, функционирующих в условиях многолучевого распространения радиоволн. Медленные скачки частоты используются во всех подвижных сетях, что повышает эффективность кодирования и перемежения при медленном движении абонентских станций.

Принцип формирования медленных скачков по частоте состоит в том, что сообщение, передаваемое в выделенном абоненту временном интервале TDMA-кадра 0,577мс, в каждом последующем кадре передается (принимается) на новой фиксированной частоте, рисунок 18. В соответствии со структурой кадров, время для перестройки частоты составляет около 1мс.

В процессе скачков по частоте постоянно сохраняется разнос 45МГц между каналами приема и передачи. Всем активным абонентам, находящимся в одной соте, ставятся в соответствие непересекающиеся последовательности переключения частот, что исключает взаимные помехи при приеме сообщений абонентами. Параметры последовательности переключений частот (частотно-временная матрица и начальная частота) назначаются для каждой абонентской станции в процессе установления канала связи.

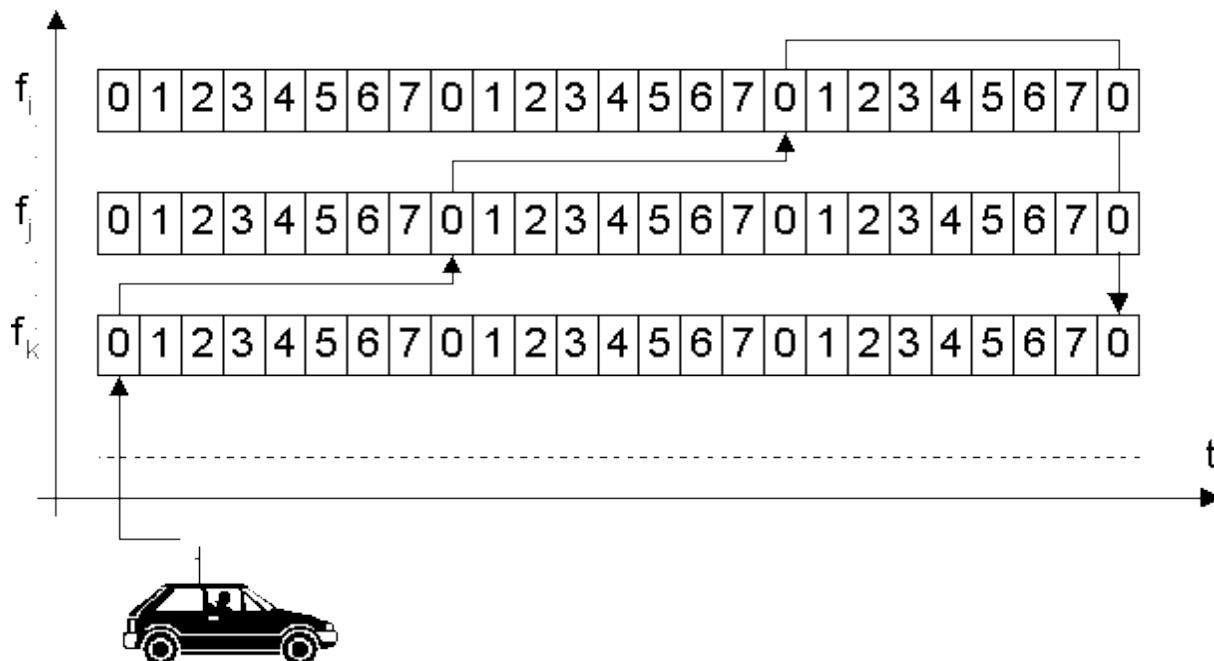


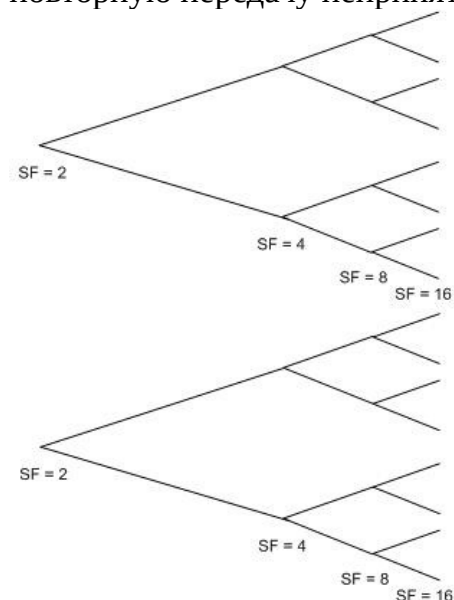
Рисунок 18. Принципы формирования медленных скачков по частоте
Шифрование

Сигналы цифрового информационного потока подвергается шифрованию сообщения по алгоритму шифрования с открытым ключом (RSA) для обеспечения безопасности передачи сообщений. Алгоритм шифрования с открытым ключом RSA заключается в том, что каждое сообщение M разбивается на блоки фиксированной длины, и каждый блок кодируется как совокупность фиксированного числа цифр. Такой алгоритм обеспечивает высокую степень безопасности при передаче речи и исключает возможность извлечения информации из канала связи кому-либо, кроме санкционированного пользователя. На приеме сообщение расшифровывается в дешифраторе.

Алгоритм ключа шифрования хранится в модуле SIM.

Передача данных в 3G - HSDPA

Технологию HSDPA используют большинство операторов на всех развертываемых сетях UMTS. Технологии высокоскоростной передачи данных вниз (HSDPA – High Speed Downlink Packet Access) и вверх (HSUPA - High Speed Uplink Packet Access) во многом близки к пакетной передаче данных, применяемой в стандарте GSM с использованием технологии GPRS/EDGE. Передачу осуществляют отдельными пакетами, применяя в зависимости от состояния трассы различные модуляционно-кодирующие схемы и повторную передачу неприятых пакетов.



Организацию соответствующих каналов при HSDPA поясняет схема слева. В HS-DSCH отсутствуют две основные особенности CDMA, а именно, изменяемый коэффициент расширения спектра (variable SF) и быстрое управление мощностью; они заменены на адаптивную модуляцию и кодирование: Adaptive Modulation and Coding (AMC), короткий размер пакета, мультикодовый режим и автоматический повтор запроса L1 Hybrid Automatic repeat request (HARQ) — гибридный автоматический алгоритм гарантированной доставки пакетов данных с использованием перезапросов. Замена быстрого управления мощности на AMC дает эффективный

выигрыш в мощности благодаря исключению расходов на управление мощностью. Коэффициент расширения спектра зафиксирован на SF=16, что дает хорошее разрешение скорости. Для того чтобы увеличить канальную скорость адаптации и эффективность АМС, размер пакета был уменьшен с 10-20мс до 2мс, что соответствует трем TS. Для уменьшения задержек в управлении каналом, выполнение части функций на уровне MAC для HS-DSCN перенаправлено базовой станции Node B.

В HS-DSCN применяют турбокодирование, но добавляют согласование скоростей (rate matching), перфорацию (puncturing) и повторение (repetition), чтобы получить высокое разрешение кода при его эффективной скорости. Для получения высоких пиковых скоростей используют модуляцию 16-QAM. При сочетании 16-QAM и канального кодирования со скоростью $R_{\text{код}} = 3/4$ достигают пиковой скорости передачи данных 712кбит/с на код (SF =16). В наиболее помехозащищенном варианте передачи используют 4-ФМ со скоростью кодирования 1/4, но при этом скорость передачи данных падает до 119кбит/с на код. Комбинация модуляции и кодирования определяет транспортный формат (transport format) совместно с канальным ресурсом (resource combination – TFRC). Пять возможных вариантов TFRC показаны в табл. 5.

Для повышения скорости передачи одному абоненту можно выделять несколько кодов-каналов, максимально 15: $C_{\text{ch},16,1} \dots C_{\text{ch},16,15}$. Ветвь $C_{\text{ch},16,0}$ для канала HS-DSCN не занимают; в ней размещены вещательные, общие каналы управления и вспомогательные каналы, необходимые для реализации HSDPA.

При выделении 15 кодов одному пользователю можно достичь пиковой скорости 10,7Мбит/с (14,4Мбит/с) Это максимальная скорость, которую можно получить при исключительно благоприятных условиях приема и при наличии соответствующей мобильной станции (значительно влияет производительность).

Таблица 5. Варианты TFRC в реализации HSDPA.

| TFRC | Модуляция | Эффективная скорость кода | Скорость данных (1 код) | Скорость данных (5 кодов) | Скорость данных (15 кодов) |
|------|-----------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 1 | 4-ФМ | 1/4 | 119кбит/с | 0,6Мбит/с | 1,8Мбит/с |
| 2 | 4-ФМ | 1/2 | 237кбит/с | 1,2Мбит/с | 3,6Мбит/с |
| 3 | 4-ФМ | 3/4 | 356кбит/с | 1,8Мбит/с | 5,3Мбит/с |
| 4 | 16-КАМ | 1/2 | 477кбит/с | 2,4Мбит/с | 7,2Мбит/с |
| 5 | 16-КАМ | 3/4 | 712кбит/с | 3,6Мбит/с | 10,7Мбит/с |

Выбор скорости передачи (TFRC) и числа кодов для конкретного абонента BS производит, анализируя сообщения, поступающие от UE по выделенным каналам управления HS-DPCCH. Между BS и всеми UE работает канал обратной связи в реальном времени. UE постоянно измеряют отношение сигнал/помеха (E_s/N_0), меняющееся во времени из-за перемещения абонента и замираний сигнала, и сообщает BS, исходя из возможностей самой станции, о максимально допустимой скорости передачи информации вниз. На рис. 19 верхняя кривая – результат измерения отношения (E_s/N_0) в UE. Нижняя кривая – соответствующий этим измерениям TFRC, с которым UE готова принимать пакеты. BS выбирает для передачи пакетов конкретной UE моменты наилучших условий приема, что повышает общую пропускную способность сети и снижает задержки при передаче.

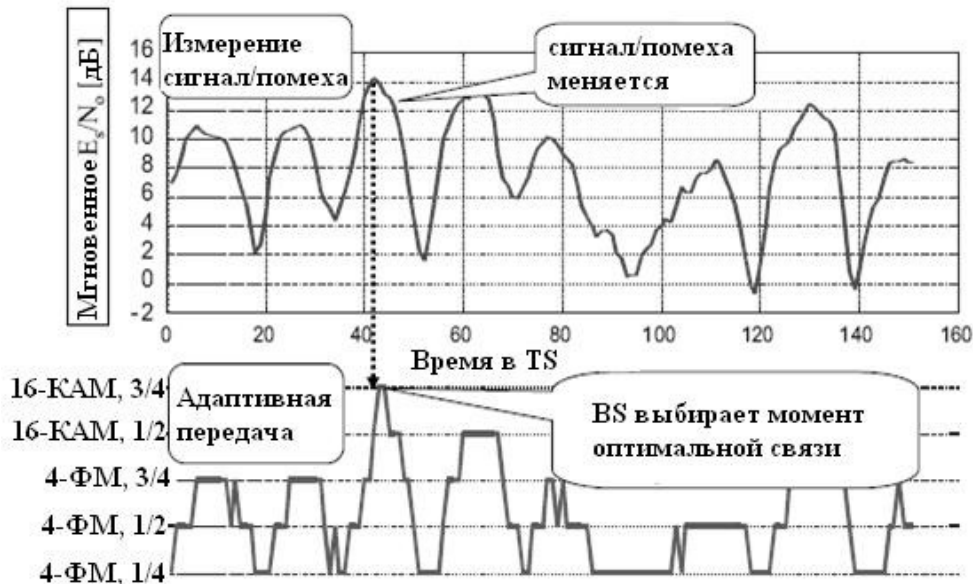


Рис. 19. Адаптивное управление изменением скорости передачи

Зависимость между доступной скоростью передачи данных и мгновенным значением E_S/N_0 , а также динамический диапазон AMC показаны на рис. 20. На графиках учтен выигрыш от быстрого HARQ, который значительно улучшает пропускную способность при малых значениях E_S/N_0 .

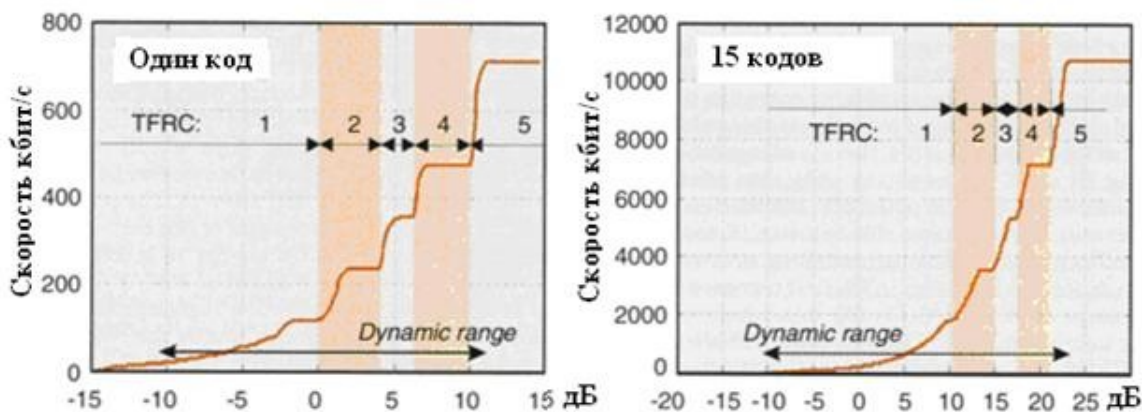


Рис. 20. Динамический диапазон HSDPA AMC (Rake приемник, скорость 3 км/ч)

Как видно из рис. 20, диапазон E_S/N_0 при изменении скорости от 32кбит/с (TFRC 1) до 712кбит/с (TFRC 5) составляет 20дБ. С увеличением числа выделенных кодов требования к отношению (E_S/N_0) ужесточаются. Динамический диапазон AMC при 15 мультикодах достигает 32дБ.

Протокол HARQ, выбранный для HSDPA, основан на принципе остановки stop и ожидания wait (SAW). При SAW базовая станция продолжает осуществлять передачу текущего блока, пока этот блок не будет успешно получен UE. Для того чтобы использовать время до повторной передачи, промежутки заполняют другими пакетами. На практике задержка между исходной и первой повторной передачей порядка 8-12мс. Управление повторной передачей осуществляет базовая станция NodeB. Таким образом, технология HSDPA позволяет использовать продвинутую стратегию повторной передачи с меньшими задержками и большей спектральной эффективностью даже для потокового сервиса, сильно чувствительного к задержкам.

Технологии переходного этапа 2G-3G

HSCSD

Классические сети GSM позволяют передавать данные в каналах со скоростями не более 9,6 или 14,4 кбит/с. Для повышения скорости ПД разработана технология HSCSD, основанная на выделении абоненту не одного, а нескольких временных интервалов (ВИ) в кадре. Теоретически при занятии всех 8 ВИ можно достичь скорости $8 \cdot 14,4 = 115,2$ кбит/с. Но из-за ограничений в работе действующих MSC и линий связи, соединяющих BTS, BSC и MSC, скорость обычно не превышает $4 \cdot 14,4 = 57,6$ кбит/с. Помимо этого, существует ограничение и возможности мобильного телефона. Так при занятии для приема и передачи в сумме более 5 ВИ, MS должна иметь возможность принимать и передавать одновременно, что существенно усложняет MS. Исходя из возможностей многосотовой работы, MS разделены на 29 классов. Класс существующих на рынке аппаратов, как правило, не превышает 10. Для 10 класса общее число тайм-слотов (TS), используемых для передачи и приема, не может быть более 5. При этом возможны режимы работы 4/1 или 3/2.

Этой скорости достаточно для передачи видеотелефонии, видеоконференций или Интернета, но при посещении интернет-ресурсов информационные пакеты разделены значительными, неопределенными по времени промежутками. Применение HSCSD в этом случае очень расточительно, поскольку за пользователем закрепляют дуплексный канал на весь промежуток сеанса связи. Из-за пауз при передаче каналный ресурс расходуют нерационально, что уменьшает число обслуживаемых абонентов. Сеанс связи получается длинным, дорогим и может неожиданно прерываться. В связи с этим основным методом передачи данных в сети GSM является технология GPRS (с коммутацией пакетов), в которой возможности работы в многосотовом режиме реализуются проще.

GPRS

Подсистема GPRS является «наложенной» на подсистему коммутации классической GSM и имеет следующие основные особенности:

- GPRS поддерживает протоколы пакетной передачи данных, а именно, IP (Internet Protocol) и X.25.
- Физический каналный ресурс выделяют группе пользователей; занятие канала производят по мере поступления пакетов в соответствии с качеством услуг QoS, предоставляемых абоненту; каждый пакет содержит идентификатор абонента и предназначен для конкретного пользователя.
- Пользователь передает и получает информацию пакетами; во время пауз канал связи занимают другие абоненты.
- Скорость передачи данных в пакете может изменяться, достигая 160 кбит/с (абоненту могут выделять до 8 TS на одной частоте).
- Скорости передачи в направлениях “вверх” и “вниз”, как правило, разные, например, 64 кбит/с в направлении BSS>MS и 3 кбит/с в направлении MS>BSS, причем асимметричные каналы обычно выделяют при доступе в Интернет.
- Стоимость сервиса зависит от объема переданной информации, QoS сеанса связи и общего времени подсоединения к сети.
- Абонентская станция виртуально подключена к сети Интернет и на время сеанса связи получает интернет-адрес.

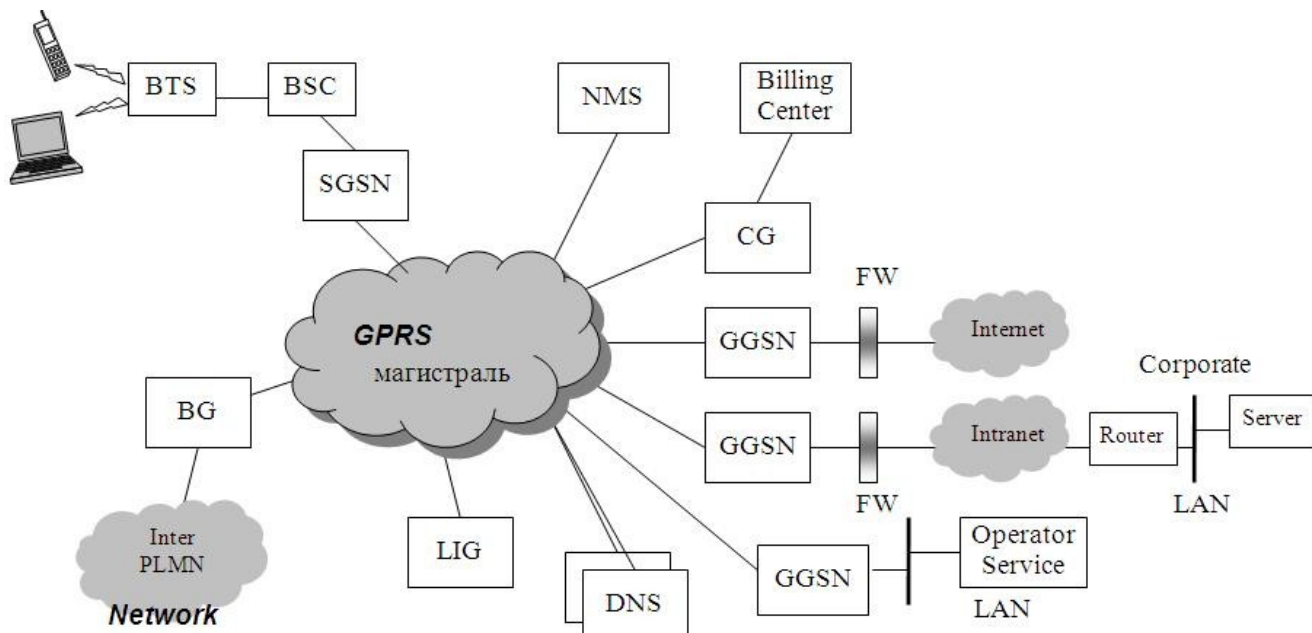


Рис. 21. Реализация GPRS на сотовой сети GSM.

Главную роль MSC/VLR в этой пакетной сети подвижной связи выполняет SGSN - Serving GPRS Support Node - обслуживающий узел GPRS со следующими функциями:

- маршрутизирует (коммутирует) потоки пакетов данных между абонентской станцией и GGSN (пакетными сетями);
- осуществляет преобразование протоколов передачи информации по магистрали Интернета в протоколы, используемые в BSS;
- аутентифицирует абонентов;
- обеспечивает шифрацию сообщений, закрытие абонентов временными номерами при работе в пакетной сети (P-TMSI);
- ведет базу данных обслуживаемых пакетной сетью абонентов, обеспечивая их локализацию (процедуры Mobility Management) и необходимый QoS;
- реализует взаимодействие с MSC/VLR и HLR сети подвижной связи с коммутируемыми каналами;
- собирает информацию об оказанных услугах для биллинга.

Состав и назначение остальных блоков:

- GGSN – Gateway GPRS Support Node – Шлюзовый узел GPRS;
- BG – Border Gateway – Граничный шлюз;
- FW – Firewall – Брандмауэр;
- LAN – Local Area Network – Местная (корпоративная) сеть;
- CG – Charging Gateway – Шлюз для подключения к биллинговому центру;
- DNS – Domain Name Server – Сервер доменных имен;
- LIG – Legal Interception Gateway – Шлюз для законного прослушивания информации;
- NMS – Network Management System – Подсистема управления сетью.

Базовая станция — BSC:

- распределяет каналный ресурс между абонентами, обслуживаемыми по коммутируемыми каналам, и MS, работающими в пакетном режиме;
- организует каналы абонентам пакетной сети в соответствии с требуемым QoS;
- реализует фрагментацию и сборку кадров для их передачи по радиоканалам;
- осуществляет контроль качества передачи по радиоканалам.

В состав BTS входит новое кодирующее устройство CCU (Channel Codec Unit).

В HLR внесены новые дополнительные данные об абонентах, которым предоставляют услуги GPRS (базисный PDP - Packet Data Protocol контекст).

В сети GPRS вводятся новые процедуры. Во время подключения пользователя к сети GPRS происходит его регистрация в SGSN, активизация программного обеспечения GPRS в MS и в базах данных по обслуживанию абонента в SGSN и GGSN (активизация PDP контекста). При этом пользователь или получает временный адрес в соответствующей пакетной сети, или активируют его постоянный адрес. Во время сеанса связи MS может находиться в разных состояниях:

- *Ready* – абонентской станции выделен канальный ресурс;
- *Standby* – абонентская станция находится в режиме ожидания вызова.

Когда MS находится в движении при состоянии *Standby*, происходит процедура *RoutingArea Updating*, подобная процедуре *LocationUpdating* в обычной GSM. Если MS находится в состоянии *Ready*, то при перемещении из соты в соту станция производит реселекцию сот. BSC по ее запросу переключает каналы трафика от одной BTS к другой. Хэндовера в GPRS нет.

EDGE

EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution) – технология, разработанная для увеличения скорости передачи данных в радиоканале, которая предусматривает замену вида модуляции: Гауссовой ЧММС на 8-ФМ. Это позволяет при сохранении символьной скорости передачи в радиоканале 271кбит/с повысить скорость передачи данных в 3 раза, т.к. сигнал 8-ФМ имеет 8 позиций и каждая из них соответствует комбинации из 3-х бит. В технологии EDGE появляются новые каналы передачи данных E-TCH (Enhanced Traffic Channel), скорости которых равны 28,8; 32 и 43,2 кбит/с в одном ВИ. В сочетании с избыточным кодированием и использованием нескольких TS достигаются скорости передачи данных до 400 кбит/с.

Модуляция 8-ФМ имеет меньшую помехозащищенность, чем Гауссова ЧММС, в связи с этим ее следует применять в каналах с повышенным отношением сигнал/помеха. Если при скорости передачи в одном ВИ 9кбит/с требовалось защитное отношение сигнал/помеха в 9 дБ, то при применении 8-ФМ необходимое защитное отношение возрастает до 15 – 17дБ. Исходя из этого, в сетях GSM – EDGE организуют адаптивное изменение скорости передачи в соответствии с вариациями характеристик канала связи. В сетях с пакетной коммутацией GPRS + EDGE (EGPRS) используют специальные схемы модуляции и кодирования (Modulation & Coding Scheme, MCS), что позволяет вести передачу с оптимальной скоростью. Фактически данный процесс есть адаптация скорости передачи данных к качеству канала. Протокол управления радиолинией EDGE – RLC имеет некоторые отличия от соответствующего GPRS протокола. В EDGE появляются новые технологии, которые оптимизируют пропускную способность данных для каждого радиосоединения. Основные изменения связаны с уточнениями в системе контроля качества. Управление качеством является общим термином для методов адаптации надежности радиолинии изменяющемуся качеству канала соединения и объединяет адаптацию соединения (LA – link adaptation) и возрастающую избыточность (IR – incremental redundancy) кодирования.

В технологию внедряют более прогрессивные способы модуляции 16QAM и 32QAM, разделяют схемы модуляции и кодирования по направлениям вверх (UAS и UBS) и вниз (DAS и DBS). В работу каналов включают расширенный вариант механизма автоматического повторения ошибочно принятых блоков (ARQ – automatic repeat request) с возрастающей избыточностью (IR). В этой схеме с IR сначала посылают блоки с низкой скоростью, а затем постепенно повышают скорость передачи, если декодирование прошло успешно и без повтора блоков. При сильной избыточности кодирования будет низкая

результатирующая скорость передачи и увеличится задержка. Выбор начальной модуляции и кодовой скорости базируется на постоянных измерениях качества соединения.

Таблица 6. Схемы модуляции и кодирования EGPRS2.

| Схемы модуляции и кодирования | Модуляция | Максимальная скорость передачи данных, кбит/с | Скорость кодирования | Семейство |
|-------------------------------|-----------|---|----------------------|-----------|
| DAS-12 | 32QAM | 98,4 | 0,96 | B |
| DAS-11 | | 81,6 | 0,80 | A |
| DAS-10 | | 65,6 | 0,64 | B |
| DAS-9 | 16QAM | 54,4 | 0,68 | A |
| DAS-8 | | 44,8 | 0,56 | B |
| DAS-7 | 8-ФМ | 32,8 | 0,54 | B |
| DAS-6 | | 27,2 | 0,45 | A |
| DAS-5 | | 22,4 | 0,37 | B |
| DBS-12 | 32QAM | 118,4 | 0,98 | A |
| DBS-11 | | 108,8 | 0,91 | A |
| DBS-10 | | 88,8 | 0,72 | A |
| DBS-9 | 16QAM | 67,2 | 0,71 | B |
| DBS-8 | | 59,2 | 0,60 | A |
| DBS-7 | | 44,8 | 0,47 | B |
| DBS-6 | 4-ФМ | 29,6 | 0,63 | A |
| DBS-5 | | 22,4 | 0,49 | B |
| UAS-11 | 6QAM | 76,8 | 0,95 | A |
| UAS-10 | | 67,2 | 0,84 | B |
| UAS-9 | | 59,2 | 0,71 | A |
| UAS-8 | | 51,2 | 0,62 | A |
| UAS-7 | | 44,8 | 0,55 | B |
| UBS-12 | 32QAM | 118,4 | 0,96 | A |
| UBS-11 | | 108,8 | 0,89 | A |
| UBS-10 | | 88,8 | 0,71 | A |
| UBS-9 | 16QAM | 67,2 | 0,70 | B |
| UBS-8 | | 59,2 | 0,60 | A |
| UBS-7 | | 44,8 | 0,46 | B |
| UBS-6 | 4-ФМ | 29,6 | 0,62 | A |
| UBS-5 | | 22,4 | 0,47 | B |

Далее объединяют две несущие и появляется E-EDGE Rel.7 - 1,2 Мбит/с DL, 400 кбит/с UL, пиковые задержки не более 90 мс, который называют GERAN (GSM EDGE Radio Access Network).

Справка - Гауссовская частотная манипуляция (GMSK)

В стандарте GSM выбрана гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом – GMSK. Индекс модуляции 0,3. GMSK представляет собой двоичную ЧМ с двумя соответствующими сигналу частотами, выбранными таким образом, чтобы на одном тактовом интервале между двумя частотами имелся фазовый сдвиг на 90° . Этот процесс показан на рисунках 22, 23.

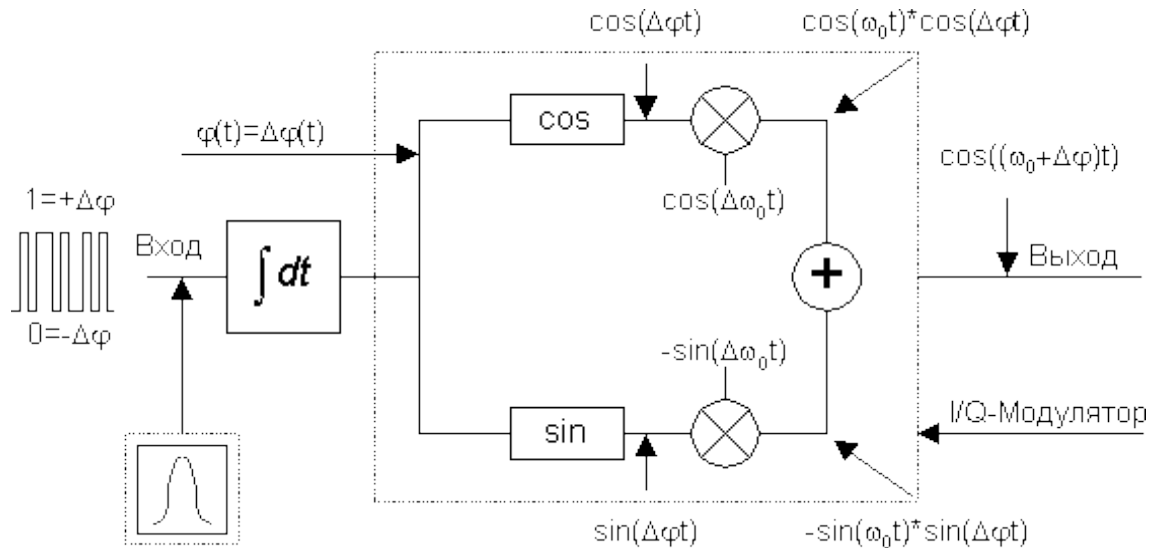


Рисунок 22. Принцип формирования GMSK-сигнала

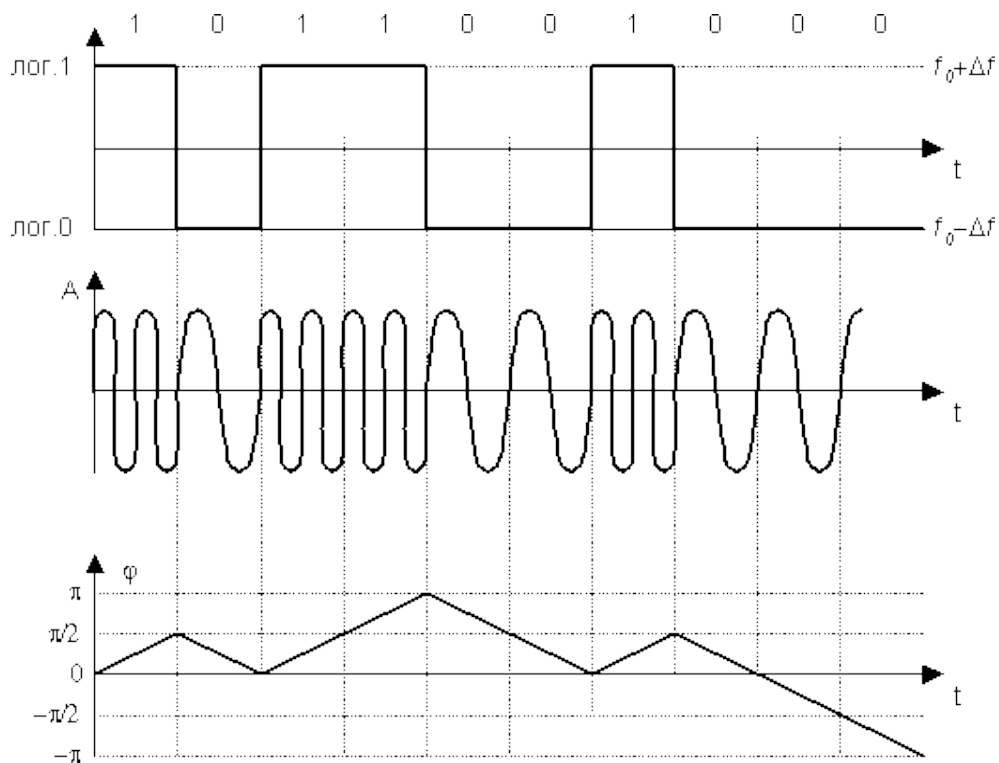


Рисунок 23. Формирование GMSK-сигнала

Модуляцию GMSK характеризуют следующие свойства:

- постоянная по уровню огибающая, позволяющая использовать передающие устройства с усилителями мощности класса С;
- узкий спектр на выходе усилителя мощности передающего устройства обеспечивающий низкий уровень внеполосного излучения;
- хорошая помехоустойчивость канала связи.

сети GSM.

Спутниковые радиосети и их особенности

Классификация систем спутниковой связи

Сети спутниковой связи обладают преимуществом перед другими системами связи: спутниковая связь не имеет ограничений по привязке к местности и охватывает местности, где построение других систем связи нерентабельно или невозможно: морские транспортные магистрали, незаселённые или малозаселённые территории (в частности, северные территории России), места разрыва наземной инфраструктуры телекоммуникаций.

В зависимости от вида предоставляемых услуг сети спутниковой связи можно разделить на следующие классы:

- речевая (радиотелефонная) связь;
- пакетная передача данных;
- определение местоположения потребителей;
- телевидение.

Радиотелефонная связь использует протоколы цифровой передачи сообщений, удовлетворяющие международным стандартам на спутниковую связь. В частности, передача сообщений должна осуществляться в реальном масштабе времени, задержка сигнала не должна превышать 0,3сек, недопустимо прерывание сеанса связи. Обеспечение перечисленных требований формируется посредством: высокоточной системой ориентации спутников для удержания луча антенн в заданном направлении, достаточным для сплошного (непрерывного) покрытия зоны обслуживания количеством спутников в системе и количеством многолучевых антенных систем (работающих на частотах выше 1,2ГГц), достаточным количеством наземных узловых (шлюзовых) станций.

Системы пакетной передачи данных обеспечивают передачу любых данных в цифровом виде: телексы, факсимильные сообщения, компьютерные данные и т.д.; как правило, в таких системах отсутствуют требования к оперативности доставки сообщений, скорость передачи составляет от единиц до сотен килобайт в секунду. В настоящее время развернуты несколько систем пакетной передачи данных для организации доступа в Internet.

Для определения местоположения абонента развернута GPS система на базе спутниковой группировки ГЛОНАСС/НАВСТАР. Как правило, GPS система используется в промышленных и военных целях: определение координат морских судов, самолетов, железнодорожных и автомобильных транспортов специального назначения, находит применение в геологоразведочных экспедициях и т.п.

Сеть спутникового телевидения охватывает практически всю территорию материков и насчитывает сотни телевизионных каналов, сгруппированных по тематикам: новости, спорт, культура, развлекательное телевидение и т.д. Помимо сервиса в виде избыточного количества телеканалов достоинством сетей спутникового телевидения является охват малозаселённых территорий, где отсутствуют (в виду их нерентабельности) ретрансляционные сети телевидения.

Спутники

Для построения спутниковых систем связи используют орбитальные группировки, расположенные на разных по высоте орбитах (классификация по высоте орбиты):

- высокоорбитальные, или геостационарные – круговые экваториальные орбиты высотой около 40 000 км;
- среднеорбитальные – с круговой орбитой высотой порядка 10 000 км;
- низкоорбитальные – круговые орбиты высотой 700-1500 км.

Высота орбит определяются многими факторами: энергетические характеристики радиолиний (мощность уменьшается пропорционально квадрату расстояния), задержкой

распространения радиоволн, размеры и расположение обслуживаемых территорий, угол места спутника, способ организации связи и т.д.

Геостационарные орбитальные группировки имеют период обращения спутника вокруг Земли 24 часа, т.е. спутник является неподвижным относительно поверхности Земли, как бы «висит» над одной и той же точкой экватора. Помимо этого, большое соотношение высоты орбиты и радиуса Земли позволяет трем геостационарным спутникам охватить практически полностью поверхность планеты (за исключением полюсов). Однако геостационарные космические группировки имеют значительный недостаток – большое время распространения радиосигнала, что приводит к задержкам передачи сообщений во время сеанса связи.

Спутники, находящиеся на низких орбитах, не имеют ощутимой задержки распространения радиосигнала. Однако в зону видимости абонента попадают лишь на 8-12 минут, что требует для обеспечения непрерывности связи наличие большого количества спутников, как бы «передающих по эстафете» абонента посредством наземных шлюзовых станций или межспутниковой связи.

С увеличением высоты орбиты увеличивается зона видимости и, соответственно, время нахождения спутника в зоне видимости, что позволяет уменьшить количество спутников в группировке. Высота орбит среднеорбитальных систем связи является компромиссным значением между параметрами: количество спутников в группировке и время распространения сигнала (при скорости спутника 7км/с - порядка 130мс).

Системы спутниковой связи имеют много общего с сотовыми системами связи: территория обслуживания, как правило, формируется посредством нескольких радиолучей, с той лишь разницей, что размер соты составляет несколько сотен километров, а роль базовых станций выполняют спутники (или многолучевые антенны). Многолучевые антенны используют в геостационарных (иногда – в среднеорбитальных) системах связи с целью достижения необходимой пропускной способности сети. Абонентские терминалы речевой связи оборудованы вокодерами, обеспечивающими переменную скорость передачи речевого сигнала; передача информации ведётся со скоростью порядка 1200-9600 бит/с.

Геостационарные системы связи в большинстве своём используют протокол TDMA, низкоорбитальные – CDMA (например: Globalstar, Odyssey). В настоящее время активно ведутся разработки по интеграции сотовых систем связи и спутниковых систем связи.

Принципы построения спутниковых систем связи

Спутниковая сеть связи (рисунок 24) включает в себя:

- космический сегмент, состоящий из нескольких спутниковых ретрансляторов;
- наземный сегмент, (центр управления орбитальными спутниками, шлюзовые станции);
- абонентский сегмент (абонентские терминалы);
- интерфейсы сопряжения шлюзовых станций с наземными сетями связи.

С целью обеспечения отсутствия взаимных помех систем спутниковой связи использование частот и расположение спутниковых ретрансляторов регламентируется Международным консультативным комитетом по радио и Международным комитетом по регистрации частот. Диапазоны частот, выделенные под спутниковую связь представлены в таблице 7.

Космический сегмент включает спутниковую группировку, состоящую из нескольких спутниковых ретрансляторов, равномерно размещенных на орбитах. Космические аппараты (КА) включают:

- центральный процессор;
- радиоэлектронное оборудование бортового радиотрансляционного комплекса;
- антенные системы;
- системы ориентации и стабилизации;

- двигательные установки;
- система электропитания (аккумуляторы и солнечные батареи).

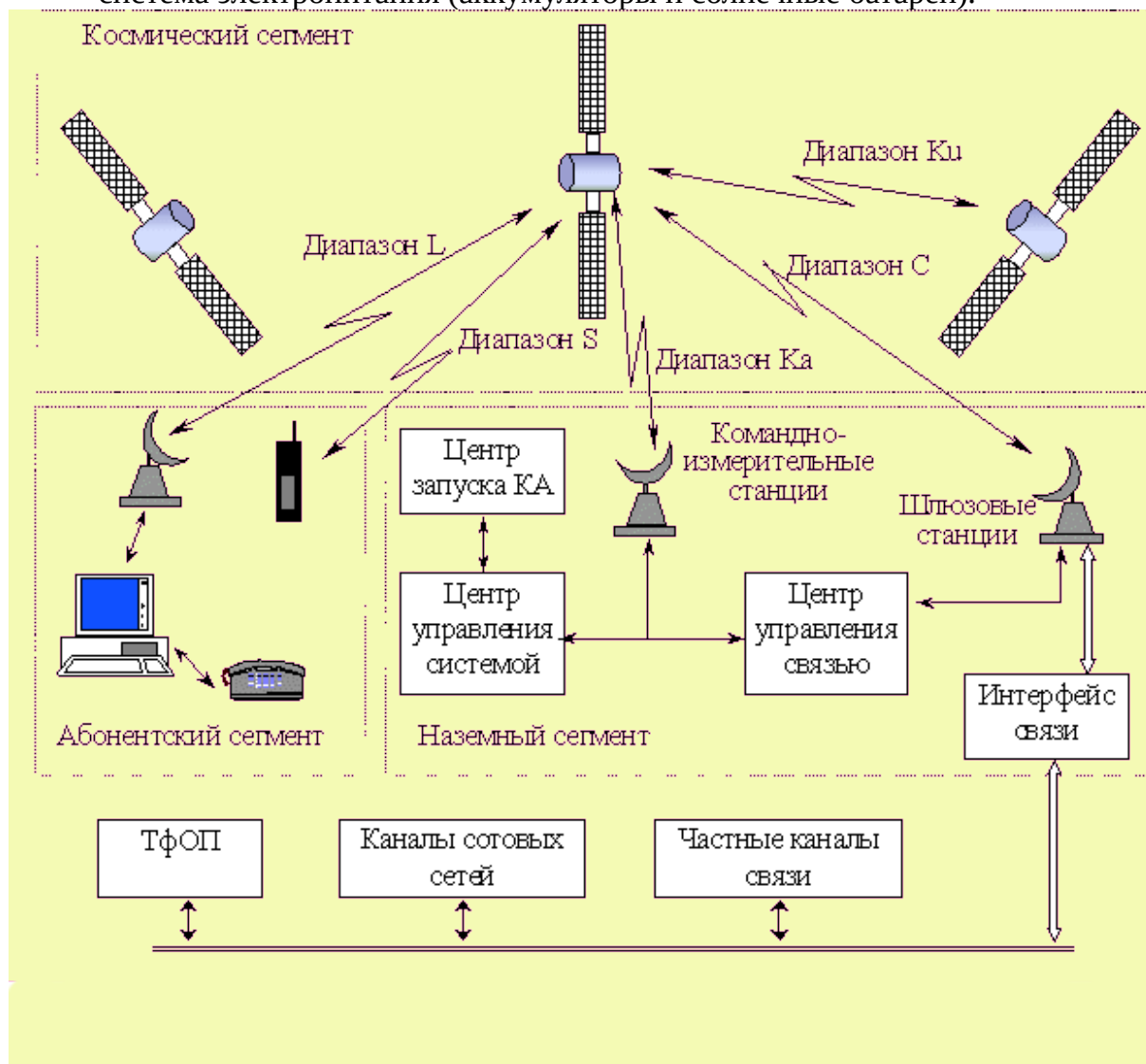


Рисунок 24. Обобщенная структура сети спутниковой связи.

Таблица 7. Диапазоны частот космической и спутниковой связи.

| Диапазон | Полоса частот, ГГц |
|----------|--------------------|
| L | 1,452 - 1,500 |
| | 1,61 - 1,71 |
| S | 1,93 - 2,70 |
| C | 3,40 - 5,25 |
| | 5,725 - 7,075 |
| Ku | 10,70 - 12,75 |
| | 12,75 - 14,80 |
| Ka | 14,40 - 26,50 |
| | 27,00 - 50,20 |
| K | 84,00 - 86,00 |

Количество спутников в орбитальной группировке определяется из соображений полного охвата обслуживаемой территории. Например, для низкоорбитальной группировки с орбитой 1000км и при скорости спутника 7км/с время видимости спутника составляет 14минут; после этого спутник «уходит» за линию горизонта и, для обеспечения

непрерывности связи, на смену ему должен приходиться следующий, за ним – третий и т.д. Т.о. количество спутников будет определяться отношением периода обращения спутника вокруг Земли к периоду нахождения спутника в зоне видимости. С увеличением высоты орбиты увеличивается время видимости спутника, соответственно, уменьшаются требования к численности орбитальной группировки, однако, из-за увеличения дальности связи требуется более сложное и дорогостоящее оборудование. Численность орбитальной группировки определяется компромиссом между стоимостью и объемом оказываемых услуг и простотой и стоимостью подвижного спутникового терминала.

Обеспечение связью абонента, находящегося в зоне видимости одного спутника, с абонентом, находящимся в зоне видимости другого спутника, организуется посредством связи между спутниковыми ретрансляторами (по цепочке, пока информация не дойдет до спутникового ретранслятора второго абонента). В некоторых системах эту функцию выполняют шлюзовые станции, транслирующие информацию с одного спутника на другой.

Наземный сегмент включает:

- центр управления системой;
- центр запуска КА;
- центр управления связью;
- шлюзовые станции.

Центр управления системой осуществляет слежение за КА, расчет их координат, сверку и коррекцию времени, диагностику бортовой аппаратуры, передачу командной информации и т.д. функции управления осуществляются на основе телеметрической информации, получаемой от каждого КА группировки. Благодаря использованию территориально разнесенных контрольно-измерительных станций центр управления системой с достаточно высокой оперативностью выполняет: контроль запуска и точность вывода КА на заданную орбиту, контроль состояния каждого КА, контроль и управление орбитой каждого КА, разрешение нештатных ситуаций, вывод КА из состава орбитальной группировки.

Центр запуска КА определяет программу запуска, осуществляет сборку ракеты-носителя, установку полезной нагрузки КА, предстартовую проверку; после запуска ракеты-носителя - траекторные измерения на активном участке полета, которые передает в центр управления системой для корректировки последующей траектории.

Центр управления связью планирует использование ресурса спутника, посредством шлюзовых станций контролирует и управляет связью. В нормальных условиях работы орбитальной группировки связь со шлюзовой станцией и пользовательскими терминалами осуществляется автономно. В нештатных ситуациях (неработоспособность КА, оборудования спутникового ретранслятора или шлюзовой станции) центр переходит в режим поддержания связи с повышенной нагрузкой, или проводит реконфигурирование сети.

Абонентский сегмент определяется номенклатурой предоставляемых спутниковой системой связи услуг: связь абонентов спутниковой сети с абонентами спутниковой сети, ТфОП, пейджинговых и сотовых сетей, определение местоположения (координат) абонентов.

Абонентское оборудование разделяют на переносные спутниковые терминалы (весом до 700г) и мобильные терминалы (весом порядка 2,5кг). Спутниковые телефоны оборудованы антенной, не требующей ориентации на спутниковый ретранслятор. При установлении связи (что занимает порядка 2с) система автоматически определяет свободный канал и закрепляет его за абонентом на период сеанса связи. Как правило, в телефонах используется временное или частотное уплотнение каналов, хорошо зарекомендовавшее себя в сотовой связи. Некоторые спутниковые телефоны способны работать с сотовыми сетями связи (устанавливается соответствующая SIM-карта).

Краткий обзор спутниковых систем мобильной связи

Teledesic

Teledesic - широкополосная низкоорбитальная спутниковая коммуникационная система — имеет в распоряжении две полосы по 500МГц в Ка-диапазоне (20-30ГГц). Up-link: 28,6-29,1ГГц; down-link: 18,8-19,3ГГц.

Система запланирована из 288 спутников на 12 орбитах. Все эти спутники, связанные в единую сеть организуют систему "космического Интернета" (Internet in the sky). В пределах зоны радиусом 100км система сможет поддерживать скорость 500Мбит/с на и от пользователя. Большинство пользовательских терминалов способны поддерживать скорость 64Мбит/с в обоих направлениях. Базовым режимом, то есть наиболее массовым, по оценкам экспертов компании, будет режим с up-link скоростью 2Мбит/с и down-link скоростью 64Мбит/с.

Celestri

Особенность этой системы заключается в совместном использовании низкоорбитальных и геостационарных спутников. Спутники, находящиеся на низких орбитах, осуществляют региональную трансляцию, геостационарные спутники — глобальную. Эта система является "второй серией", которую запланировала компания Motorola вслед за уже широко известным Iridium'ом. Если Iridium осуществляет телефонную и пейджинговую связь, то система Celestri должна предоставить своим пользователям полный набор мультимедийных услуг.

Низкоорбитальная группировка будет состоять из 63 спутников, расположенных на 7 орбитах. Высота орбиты - 1400км, наклонение - 48°, период обращения - 1,9часа. Каждый спутник будет общаться с пользователями со скоростью 80Гбит/с. Минимальный срок службы каждого аппарата — 8 лет. Частотный диапазон: Up-link 28,6-29,1 и 29,5-30,0ГГц; Down-link 18,8-19,3 и 19,7-20,2ГГц; скорость межспутниковой связи 4,5Гбит/с.

Геостационарная группировка состоит из девяти спутников, каждый из которых будет формировать 4 широких луча и 84 узких. Скорость связи в каждом луче - 2,8Гбит/с. Набор пользовательской аппаратуры предусматривает терминалы со скоростями от 64Кбит/с до 155Мбит/с. Стоимость самого дешевого комплекта оборудования не должна превышать 750 долларов.

Ellipso

Ellipso является гибридной системой, включающей 17 спутников в двух группировках: средне- и низко-орбитальной. Создатели системы поставили себе задачу минимизировать стоимость одной минуты, для чего они пошли по пути достижения максимальной эффективности системы минимальными средствами. То есть сделали так, чтобы спутники обслуживали заселенные области, а время пролета над малонаселенными областями было минимизировано.

Спутниковая группировка разделена на две половины: Ellipso-Boreal и Ellipso-Concordia. Первая предназначена для обслуживания Северного полушария, вторая - южного. В системе Ellipso-Boreal - 10 спутников, выведенных на эллиптические орбиты (апогей - 7846км, перигей - 520км, наклонение - 116,5°, период обращения - 3 часа). Апогей орбиты находится в северном полушарии, таким образом, большую часть периода спутник обслуживает северное полушарие. Система Ellipso-Concordia состоит из шести спутников, находящихся на круговых экваториальных орбитах высотой 8040км. Эта система будет обслуживать южное полушарие, причем только до 47° ю.ш. Все территории, находящиеся южнее, по замыслу создателей, не заселены и в мобильной связи не нуждаются. Кстати, на эту орбитальную схему создателями получен патент. По их словам, данное расположение

орбит повышает эффективность системы чуть ли не на 20% по сравнению с системой, расположенной на круговых орбитах.

Globalstar

Система состоит из 56 спутников на восьми орбитах. При этом шесть спутников на каждой орбите являются рабочими, а по одному - резервными. Высота орбиты - 1414км, наклонение - 52°. Масса каждого спутника - 450кг, минимальный срок службы - 7,5 лет.

Особенность Globalstar заключается в том, что при запросе пользователя сначала будет сделана попытка соединить пользователя через местную сотовую сеть. При невозможности сделать это, сигнал будет отправлен на спутник, с которого - на узловую станцию (Gateway), и далее - в местные коммуникационные сети. Таким образом, Globalstar является не альтернативой традиционным методам связи, а только дополнением.

В проект всех остальных систем тоже заложена совместимость с наземными сетями, однако, "врастание" в такой сильной степени характерно только для Globalstar.

Рабочие частоты Globalstar:

- 1610-1621,35МГц - Up-link - связь пользователь-спутник
- 2483,5-2500МГц - down-link - связь спутник-пользователь
- 5091-5250МГц - feeder up-link - связь gateway-спутник
- 6875-7055МГц - feeder down-link - связь спутник-gateway

Sky Bridge

Спутниковая группировка Sky Bridge включает 64 спутника на низких орбитах, обеспечивая пользователей всем "джентльменским набором" мультимедийных услуг: передача данных, корпоративная связь, выход в Интернет, игры. Каждый спутник формирует 45 лучей, каждый из которых обслуживает область радиусом 350км. Масса спутника - 800кг, минимальный срок службы - 8 лет. Пользовательский терминал обеспечивает скорость 64Мбит/с на линии "спутник-Земля" и 2Мбит/с на линии "Земля-спутник". Предполагается создать около 200 узловых трансляционных станций, обеспечивающих связь Sky Bridge с местными коммуникационными сетями. Эти же станции будут обеспечивать переключение пользователя со спутника, выходящего из зоны видимости.

ORBICOMM

В 1995 г. на орбиту были выведены два экспериментальных спутника. В настоящее время идет разворачивание системы из 28 КА. Система осуществляет слежение за передвижными объектами (аналогично системе Euteltraks), автоматический сбор информации (пожарные службы, радиационный контроль и др.), корпоративную и персональную связь. Спутники находятся на орбите высотой 825км. Для трансляции "Земля-спутник" используется диапазон 137-138МГц и 400МГц, для трансляции "спутник-Земля" — 148-150МГц.

Спутниковый Internet

Рекомендуемое использование высокоскоростного спутникового Интернета - подключение групп пользователей: корпоративные структуры, небольшой город с медленной телекоммуникационной магистралью. Обычно используется выделенная линия небольшого (32-64 кбит/с) объема; при такой линии и возрастании числа пользователей «всё начинает тормозить». Подключение к высокоскоростному спутниковому Интернету позволяет резко повысить скорость и улучшить качество приема при незначительном увеличении расходов.

Следует отметить, что посредством спутникового Internet принципиально невозможна IP-телефония, поскольку сервер обрабатывает только ftp- и http-протоколы.

НТВ Internet

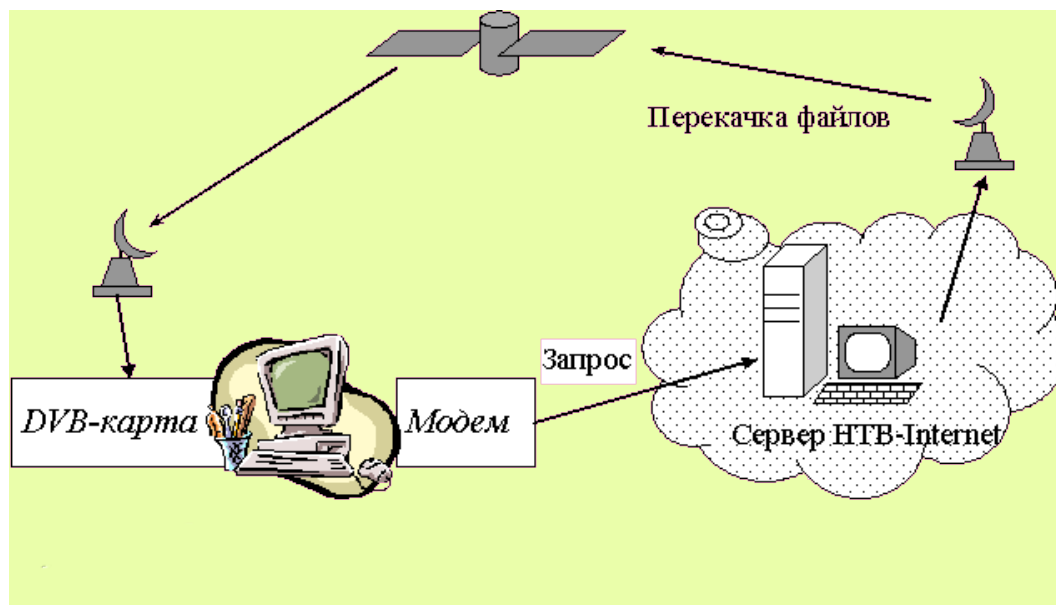


Рисунок 25. Схема работы НТВ-Интернет.

В предоставляемом НТВ-Интернет сервисе (сайт www.ntvi.ru) используется стандартная схема отправки запроса и получения ответа, которая отражена на рис. 25. Работа портала НТВ-Интернет основана на PROXY-сервере, расположенном в Москве.

Для предоставления данного сервиса работает один транспондер спутника "Бонум" на частоте 12297МГц. Ширина транспондера 36МГц. Не вдаваясь в точные расчеты, ориентировочно можно сказать, что при гарантированной скорости 365кбит/с одновременно около сотни пользователей могут непрерывно качать информацию. Понятно, что такого не бывает: во-первых, не все одновременно, во-вторых, не все время качают файлы. У сервиса EON на настоящий момент порядка 15000 пользователей. Но при этом уже задействовано 4 или 5 транспондеров спутника "Астра". Предполагается подключить ещё 3 транспондера. Очевидно, с возрастанием количества пользователей компания НТВ-Интернет будет предпринимать всякого рода шаги для обеспечения качества: от ограничения количества пользователей или скорости передачи до ввода новых мощностей. На этот случай резервы у компании есть: еще далеко не все транспондеры спутника используются на полную мощность.

Абонентское оборудование для высокоскоростного доступа в Интернет с возможностью приема телевизионных каналов:

- компьютер;
- "тарелка" НТВ-Плюс;
- DVB-карта (двойного назначения: Internet и телевидение);
- CD-ROM с соответствующим программным обеспечением.

DVB-карта - со встроенным MPEG-2 декодером и тюнером - предназначена для приема данных Интернет и приема неcodируемых телевизионных программ НТВ-Плюс (НТВ, ТНТ и др.); просмотр программ возможен, как на экране компьютерного монитора, так и на экране обычного телевизора. Эта карта комплектуется также выходом высококачественного стереофонического звукового сигнала.

Перечисленное оборудование предоставляет следующие функции:

- прием и декодирование Интернет-трафика со спутника;
- обработка push-поточков;
- организация обратного потока от пользователя;
- просмотр на экране компьютерного монитора в полностью масштабируемом окне телевизионных программ НТВ-Плюс;
- запись телевизионных программ на дисковые накопители компьютера - программный видеоманитофон.

Следует отметить, что такого сервиса, как одновременный прием в компьютер телевидения и Интернет оборудование не предоставляет.

Гарантированная скорость Интернет-трафика составляет 365кбит/с. Однако, экспериментально было определено: при подключении одного, двух, трех и более файлов наблюдается возрастание скорости скачки (920кбит/с); особой разницы между скоростями закачки файлов по FTP и HTTP не замечено. Иногда скорость стабильно держалась (для 10 ftp соединений около 1800-2000кбит/с).

EuropeOnline Internet

EuropeOnline стартовала немного раньше, чем НТВ-Интернет, возможно поэтому он сейчас несколько более распространен. На этот сервис работает пять транспондеров спутника "Астра". Для приёма, благодаря "московскому" лучу, достаточно 90-сантиметровой "тарелки". Скорость получения информации гарантирована на уровне 370кбит/с.

Схема предоставления сервиса аналогична представленному на рис. 25. Несмотря на некоторые различия, по сравнению со схемой предоставления услуг компанией НТВ-Интернет, принцип у них одинаков. Программное обеспечение формирует и отправляет запросы к локальному Интернет-провайдеру, откуда они передаются на PROXY-сервер спутникового Интернет-провайдера, расположенный в Люксембурге. Все ответы на запросы, приходящие на сервер от пользователя, транслируются на спутник, а со спутника на компьютер пользователя. По сведениям сайта www.itelsat.com.ua, сервер работает как шлюз с Интернет через канал 622Мбит (по сведениям из другого сайта www.omicom.ru - 650Мбит).

Необходимое оборудование такое же, как и у НТВ-Интернет, за исключением спутниковой карты - EuropeOnline предлагает две платы:

- SkyStar 1 со встроенным MPEG-2 декодером и тюнером (помимо Internet);
- SkyStar 2 (только Internet).

Web-серфинг и ftp-закачка принципиально отличаются тем, что при web-серфинге абонент часто посылает запросы, и соотношение времени 1/8 - 1/10 между запросом и получением ответа начинает играть существенную роль. Одно дело один раз подготовить информацию и долго ее передавать (ftp-закачка), другое дело - прыгать со странички на страничку в поисках какой-либо информации. Уже из принципа передачи (короткий запрос по медленному телефонному каналу и длинный ответ через спутниковый канал) ясно, что ftp-закачка предпочтительней web-серфинга.

Различий в скорости закачки по FTP- и HTTP-протоколам не замечено. Скорость устойчиво возрастает при подключении дополнительных файлов, но с какого-то момента перестает расти: скорости выше 950 кбит/с зафиксировать не удавалось.