

Цифровое телерадиовещание в сетях беспроводного доступа

Раздел 4

Технологии пакетного доступа в сетях GERAN/UMTS

4.Packetная передача данных в сетях GSM/UMTS

4.1. Структура сети GSM/UMTS

Сети радиодоступа третьего поколения (3G) должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать скорость передачи данных не менее 384 кбит/с,
- адаптивно изменять скорость передачи данных в зависимости от состояния канала связи (от отношения сигнал/суммарная помеха SINR – Signal to interference & Noise Ratio).

Структура сети GSM/UMTS¹ приведена на рис. 4.1. Она состоит из 4 основных подсистем:

- подсистема мобильных станций,
- подсистема радиодоступа,
- ядро сети,
- подсистема управления сетью и обслуживания (на рис. 4.1 не показана).

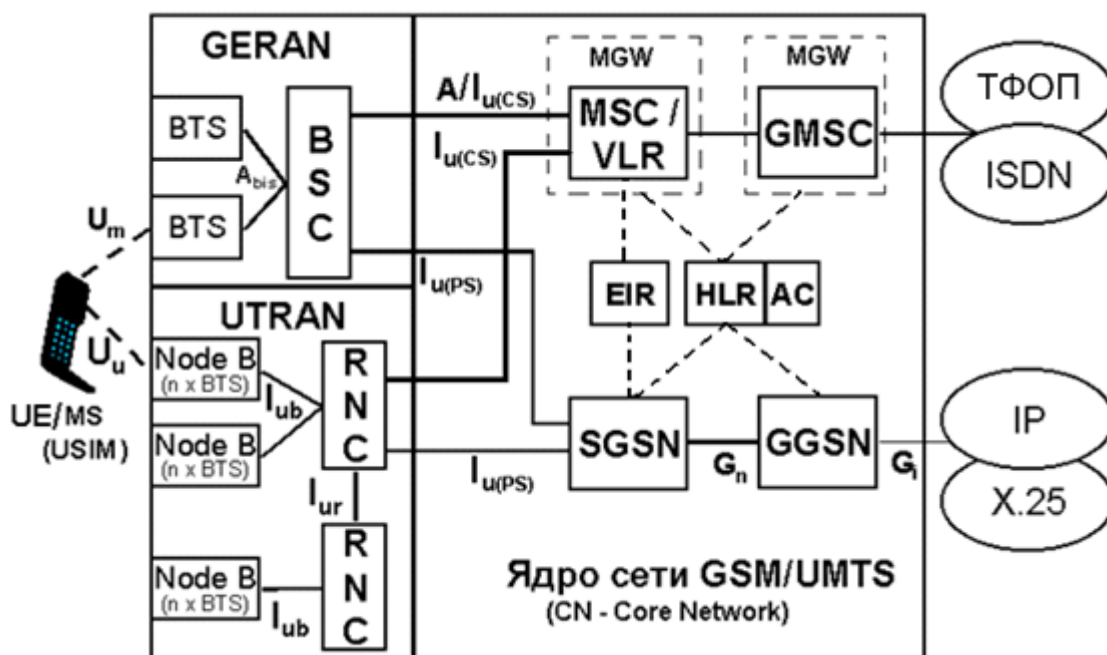


Рис. 4.1. Архитектура интегральной сети UMTS и GSM

Подсистема мобильных станций включает в себя MS (Mobile Stations – мобильные станции в сети GSM) и UE (User Equipment – мобильные станции в сети UMTS). MS/UE – это компьютер с приемопередатчиком и антеннами. MS/UE выполняют следующие функции:

- обработка передаваемых и принимаемых сигналов,
- поддержка радиоинтерфейса.

Подсистема радиодоступа RAN (Radio Access Network) состоит из базовых станций (BTS – Base Transceiver Station в сети GSM) или узлов базовых

¹ GSM – Global System for Mobile Communications, UMTS – Universal Mobile Telecommunications System

станций (NodeB в сети UMTS) и контроллеров базовых станций: BSC (Base Station Controller в сети GSM) или RNC (Radio Network Controller в сети UMTS).

В оборудование базовых станций входят приемопередатчики, антенные комплексы и линейные части. Базовые станции (BTS и NodeB) обеспечивают:

- поддержку радиоинтерфейса,
- поддержку интерфейса с контроллером,
- обработку передаваемых и принимаемых сигналов на физическом уровне.

Контроллеры (BSC и RNS):

- коммутируют каналы трафика на приемопередатчики BTS или NodeB,
- управляют распределением и назначением канального ресурса,
- управляют базовыми станциями,
- управляют активными мобильными терминалами,
- обрабатывают данные на уровне L2,
- управляют доступом мобильных терминалов MS/UE к сети,
- организуют хэндоверы,
- осуществляют сбор, обработку и передачу телеметрии в подсистему управления и обслуживания.

Ядро сети (Core Network) состоит из 2 частей: подсистемы с коммутацией каналов (CS – Circuit Switching) и подсистемы с коммутацией пакетов (PS – Packet Switching).

При передаче с коммутацией каналов канал связи абонент получает на все время сеанса связи. В паузах передачи информации этот канал не может быть предоставлен другим абонентам, что снижает эффективность использования канального ресурса. Передачу с коммутацией каналов используют в сетях GSM/UMTS, как правило, только при передаче телефонии и видеотелефонии. Достоинством передачи с коммутацией каналов является минимизация сквозной задержки по каналу связи.

В подсистеме с коммутацией каналов MSC (Mobile Services Switching Center) осуществляет:

- связь с другими сетями передачи информации, непосредственно или через шлюзовой коммутатор GMSC,
- коммутацию вызовов и организацию каналов абонентам подвижной связи, находящимся в сотах, обслуживаемых данным MSC,
- сбор информации и создание учетных записей об оказанных абонентам услугах,
- управление подсистемами радиодоступа,
- сбор, обработку и передачу телеметрии в подсистему управления и обслуживания.

Визитный регистр VLR (Visitor Location Register):

- ведет базу данных абонентов, находящихся в зоне действия MSC, отслеживает их перемещение (локализацию) по зонам,
- формирует сигналы пейджинга,

- поддерживает выполнение процедур протокола ММ (Mobility Management), обеспечивающих организацию всемирного роуминга и безопасность работы сети.

- Шлюзовой коммутатор GMSC (Gateway MSC) обеспечивает сопряжение с телефонной сетью общего пользования (ТФОП) и с сетью ISDN (Integrated Services Digital Network). Он ведет также обработку всех входящих вызовов абонентов домашней сети и их переадресацию на обслуживающий абонента MSC/VLR.

Качество передачи с коммутацией каналов (CS) определяется следующими характеристиками:

- вероятностью отказа в предоставлении канала в час наибольшей нагрузки (ЧНН),
- надёжностью передачи: либо вероятностью битовой ошибки (BER – Bit Error Rate), либо относительной вероятностью ошибочно принятых блоков (BLER – Block Error rate),
- допустимой задержкой в миллисекундах,
- оплата услуги оператора зависит от времени занятия канала (времени сеанса связи).

Для передачи с коммутацией пакетов (PS) используют технологию GPRS (General Packet Radio Service). Цель – эффективное использование канального ресурса при передаче данных с коммутацией пакетов, создание комфортной среды для абонента при работе с Интернетом, при передаче и получении видеотрафика и MMS. При использовании GPRS:

- физический канальный ресурс предоставляют группе абонентов. Занятие канала производят по мере поступления пакетов и в соответствии с QoS – Quality of Service (качеством услуг), предоставляемых абоненту. Передачу информации ведут по IP-протоколу. Каждый передаваемый пакет содержит идентификатор конкретного абонента и закрыт своим шифром;
- скорости передачи в направлениях “вверх” и “вниз”, как правило, разные;
- передачу пакетов ведут в соответствии с оговоренным QoS абонента;
- мобильная станция подсоединена к сети Интернет. Абонент на время всего сеанса связи получает Интернет-адрес;
- оплата услуги зависит от объема переданной информации и QoS сеанса связи.

Подсистема GPRS (рис. 4.1) представляет структуру “параллельную” подсистеме ядра сети с коммутацией каналов. Роль MSC/VLR в пакетной сети подвижной связи выполняет SGSN: Serving GPRS Support Node (обслуживающий узел GPRS). SGSN выполняет функции пакетного коммутатора, ведет базу абонентов, обслуживаемых на его территории в пакетном режиме, выполняет процедуры протокола ММ (Mobility Management), отслеживает перемещение абонентов, формирует вызовы абонентов по каналам с коммутацией пакетов и т.д.

Шлюзы с пакетными сетями передачи данных строят в виде GGSN – Gateway GPRS Support Node (шлюзовых узлов GPRS). При сетевом подходе к организации обмена информацией структура GPRS (SGSN, GGSN и другие

элементы) является подсетью внешних пакетных сетей, где GGSN выполняют роль межсетевых коммутаторов. Через SGSN подсеть GPRS связана с подсистемой радиодоступа. В GGSN также содержит базу данных всех обслуживаемых им абонентов, а при организации сквозных каналов с коммутацией пакетов активизирует статический IP-адрес абонента (если абонент его имеет) и выделяет абоненту динамический адрес (через сервер DHCP – Domain Host Configuration Protocol) на время сеанса связи при отсутствии у абонента статического IP-адреса. SGSN всегда находится в визитной сети, а GGSN – в домашней сети абонента.

Прохождение трафика с коммутацией пакетов в сети GSM иллюстрирует рис. 4.2.

Так как один и тот же канальный ресурс используют несколько абонентов, а во время сеанса связи могут одновременно поступать пакеты разных пользователей, возможно возникновение очереди на передачу пакетов, что вызовет задержку в связи. Допустимая величина задержки – одна из характеристик, определяющих качество обслуживания абонента.

Для GPRS характерно гибкое управление предоставляемыми услугами. Абоненты могут получать услуги разного качества (QoS) с соответствующей градацией оплаты. В GPRS качество обслуживания описывают 5 характеристик (рис. 4.3). При заключении договора абонент и оператор сети оговаривают все характеристики, в связи с чем меняются тарифы на предоставляемые услуги.

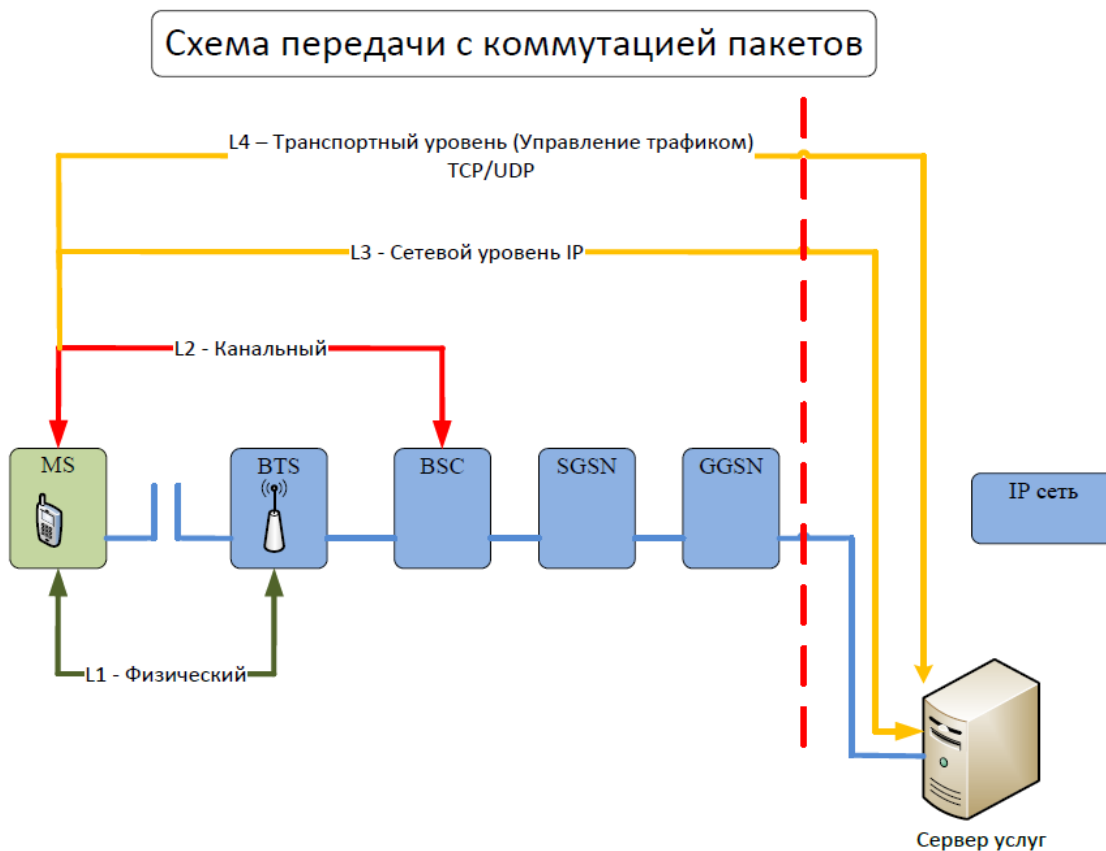


Рис. 4.2. Структура передачи трафика в сети GSM с коммутацией пакетов

QoS включает в себя (рис. 4.3):

- приоритет абонента,
- надежность передачи информации,
- допустимые задержки,
- пиковую и среднюю пропускную способность канала.



Рис. 4.3. Базовые параметры качества обслуживания абонентов при GPRS

В отличие от технологии передачи трафика с коммутацией каналов при пакетной передаче обязательна промежуточная буферизация пакетов трафика в одном или нескольких функциональных узлах сети. В сети GSM буферизацию осуществляют в BSCи SGSN и MS, в сети UMTS – в RNC, UE и, в зависимости от версии используемых протоколов уровня L2, в SGSN. Кроме того, применение технологии HSPA требует буферизации передаваемых по радиointерфейсу блоков в NodeB и UE. Необходимость буферизации передаваемых пакетов приводит к увеличению суммарной задержки в их доставке, но позволяет обеспечить надёжную передачу при временных перегрузках отдельных участков тракта (прежде всего, радиointерфейса). При этом возрастает задержка в доставке трафика.

В сетях 3G существуют 4 класса трафика. Характеристики основных показателей различных классов трафика приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1.

Класс трафика и приоритет	Допустимая сквозная задержка	Надёжность, BLER	Примечание
1. Телефония	< 150 мс	<0,02	Передача с коммутацией каналов
2. Поточковый	< 1 - 2 с	<0,01	Передача по протоколу UDP/IP
3. Интерактивный	Статистическая	<10 ⁻⁶	Передача по протоколу TCP/IP
4. Фоновый	Статистическая	<10 ⁻⁶	Передача по протоколу TCP/IP

Величина BLER (Block Error Rate), используемая при оценке надёжности, отношение числа блоков, принятых с ошибками, к общему числу блоков, переданных по радиointерфейсу. При передаче по протоколу TCP/IP для обеспечения высокой надёжности непринятые блоки передают повторно. Это приводит к дополнительным задержкам, длительность которых нельзя точно установить (задержку определяют статистически).

Сети стандарта GSM работают в Европе, Азии и Африке в диапазонах 900 и 1800 МГц, а на Американском континенте в диапазонах 850 и 1900 МГц. Ширина радиоканала в сетях GSM составляет 200 кГц. Сквозная скорость передачи бит (символов) – 271 кбит/с.

GSM – стандарт с частотно-временным разделением каналов. Временной характеристикой стандарта является кадр. Длина кадра $T_{\text{кадр}} = 60/13$ мс. Кадр разделён на 8 временных интервалов (ВИ) или тайм-слотов (TS – Time Slot) длительностью 577 мкс – рис. 4.4. Физический канал занимает 1 TS в одном частотном канале. Таким образом, в одном частотном канале можно организовать 8 независимых физических каналов, а каждый **физический канал в сети GSM определяют 2 параметра: центральная частота канала и временной интервал (TS)**.

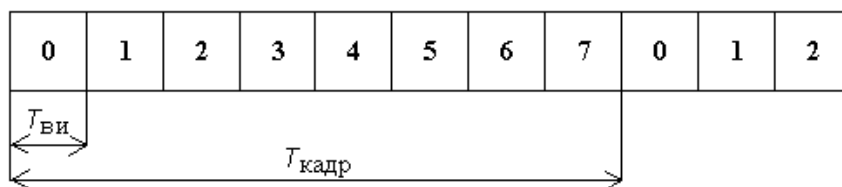


Рис 4.4. Кадр, состоящий из 8 временных интервалов

При передаче пользовательского трафика в одном тайм-слоте кадра передают нормальный пакет данных (normal burst). Такой пакет содержит 114 кодированных информационных символов (бит). Для передачи пакетного трафика в сетях GSM используют технологии GPRS и EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution). При пакетной передаче трафик в радиоканале передают в виде блоков. Один блок состоит из 4 burst'ов, размещенных в 4 последовательных кадрах одного тайм-слота. Скорость передачи определяется выбором **модуляционно-кодировущей схемы** (MCS- Modulation&Coding Scheme). Технология EDGE позволяет менять вид модуляции, переходя от двухпозиционной ГЧММС к многопозиционным методам: 4-ОФМ, 8-ОФМ, 16-КАМ, 32 КАМ. Самый простой и распространенный вариант MCS приведен в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Схемы модуляции и кодирования	Модуляция	Максимальная скорость передачи данных в TS,	Скорость кодирования	Семейство
MCS-9	8-ОФМ	59,2	1,0	A
MCS-8		54,4	0,92	A
MCS-7		44,8	0,76	B
MCS-6		29,6/27,2	0,49	A

MCS-5		22,4	0,37	B
MCS-4	ГЧММС	17,6	1,0	C
MCS-3		14,8/13,6	0,8	A
MCS-2		11,2	0,66	B
MCS-1		8,8	0,53	C

Сигнальное созвездие при модуляции 8-ОФМ показано на рис. 4.5.

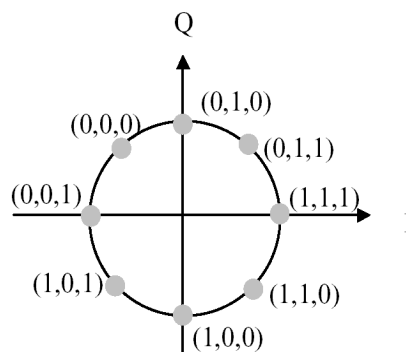


Рис.4.5. Диаграмма сигналов при 8-ОФМ

Для повышения скорости передачи данных используют **многословный режим работы**: абоненту одновременно могут выделить в одном частотном канале несколько TS, вплоть до 8. При этом скорость передачи увеличивается пропорционально числу выделенных TS.

В сетях **с кодовым разделением каналов** базовые станции работают на одной частоте (в одном частотном канале), абонентские станции тоже работают на одной частоте, отличной от частоты базовых станций при частотном дуплексе. Выделение (фильтрацию) конкретного канала производят в процессорном блоке приемника в результате математической обработки принятого сигнала. Для этого сигнал, передаваемый по радиointерфейсу, закрывают двумя кодами: скремблирующим и каналообразующим. **Скремблирующие коды** используют для разделения источников излучения: различных базовых и абонентских станций. **Каналообразующие коды** позволяют разделить сигналы одного источника. Использование каналообразующих кодов для кодового разделения каналов при передаче вниз поясняет рис.4.6.

В примере, приведенном на рис. 4.6., базовая станция когерентно передает 3 независимых сигнала 3 абонентским станциям. Передаваемый на UE1 биполярный сигнал $u(t)$ (рис.4.6,а), т.е. последовательность логических нулей и единиц с уровнями -1 и $+1$, умножают на биполярную кодовую последовательность $c_1(t)$, такую, что на каждый информационный бит приходится SF бит (чипов) кодовой последовательности. На рис. 4.6,б эта последовательность состоит из 8 чипов; в стандарте UMTS $SF = 4...256$. В результате умножения получают последовательность $v(t) = u(t) \times c_1(t)$ (рис. 4.6,в), которую после наложения скремблирующего кода и передают по каналу связи.

В рассматриваемом примере каналообразующий код, выделенный UE1,

1 -1 1 -1 1 -1 1 -1

При передаче первого бита, после умножения на -1 получаем $v(t)$ (рис. 4.6в):

-1 1 -1 1 -1 1 -1 1

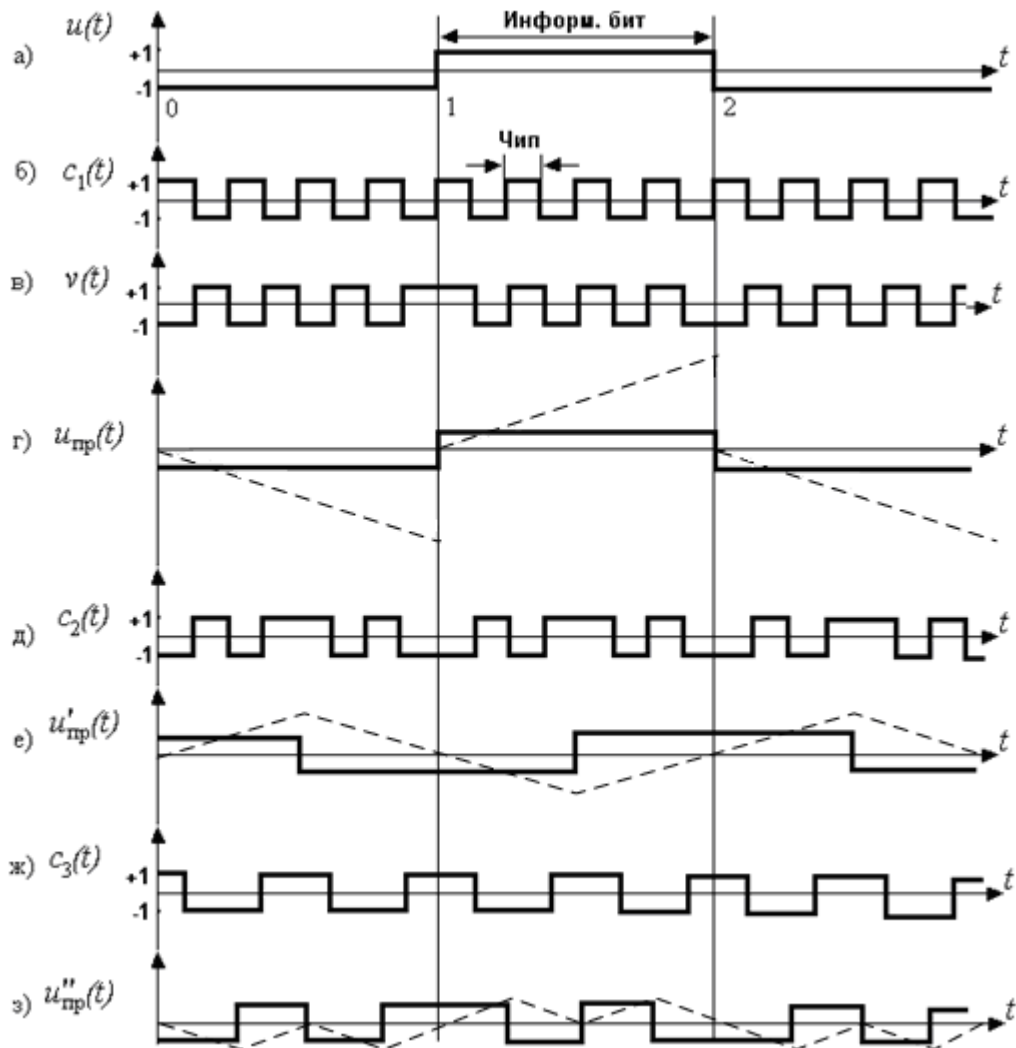


Рис. 4.6. Использование каналообразующих кодов для разделения каналов

Приём – **когерентный** и основан на вычислении **корреляционной функции** между принятым сигналом и выделенным кодом. Приемник UE запускает когерентно с принятым сигналом выделенным ему каналообразующий код и вычисляет корреляционную функцию для каждого переданного информационного бита. В приёмнике UE1 при приёме первого бита это будет следующая операция:

$$\begin{array}{cccccccccc}
 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & \\
 X & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & \\
 \Sigma & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & = -8
 \end{array}$$

На рис. 4.6г эта операция показана пунктирной линией. В результате в конце каждого промежутка времени, соответствующего передаче одного бита, получают отрицательное или положительное число в соответствии с переданным информационным битом.

Приёмник станции UE2 также примет сигнал $v(t)$ (рис. 4.6в), но он запустит другой код $c_2(t)$, который ему выделен (рис. 4.6д). В результате вычисления корреляционной функции между сигналом $v(t)$ и кодом $c_2(t)$ получаем

$$\begin{array}{cccccccccc}
 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & \\
 X & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & \\
 \Sigma & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & = 0
 \end{array}$$

Таким образом на выходе приёмника UE2 напряжение будет равно 0. Иначе говоря, процессор приёмника UE2 фильтрует сигнал $v(t)$. Аналогичную картину имеем при умножении сигнала $v(t)$ в приемнике UE3 на кодовую последовательность $c_3(t)$ (рис. 4.6,ж и рис. 4.6,з).

Кодовые последовательности $c_1(t)$, $c_2(t)$, $c_3(t)$ образуют группу ортогональных последовательностей. Они обладают следующим свойством

$$\sum_{i=1}^n c_j(i) \times c_k(i) = \begin{cases} n, & \text{если } j = k \\ 0, & \text{если } j \neq k \end{cases}$$

Используя для каждого канала связи свою последовательность из набора ортогональных последовательностей, можно, передавая все каналы одновременно на одной частоте, выделить в приемнике определенный канал, фильтруя все остальные.

Число взаимно ортогональных кодов определяется числом чипов в коде n . На рис. 4.6 $n = 8$, что теоретически позволяет передавать в одной частотной полосе 8 независимых физических каналов. Отношение $B_{\text{чип}}/B_{\text{сумм}}$ называют коэффициентом расширения спектра SF . **В стандартах с кодовым разделением каналов $B_{\text{чип}}$ постоянна.** Соответственно полоса, занимаемая радиосигналом, определяется чиповой скоростью, постоянна и не зависит от скорости передачи данных. В UMTS $B_{\text{чип}} = 3,84$ Мчип/с, эффективная полоса (полоса, в которой приемник обрабатывает сигнал) составляет 3,84 МГц. Скорость передачи данных

$$B_{\text{инф}} = B_{\text{сумм}} \times \log_2 M \times R_{\text{код}} = \frac{B_{\text{чип}}}{SF} \times \log_2 M \times R_{\text{код}}, \quad (4.1)$$

где M – возможное число позиций сигнала,
 $R_{код}$ – скорость избыточного кодирования.

При пакетной передаче данных в сетях UMTS² используют специальные технологии: **высокоскоростную передачу данных вниз (HSDPA – High Speed Downlink Packet Access)** и **вверх (HSUPA - High Speed Uplink Packet Access)**. Рассмотрим технологию высокоскоростной передачи вниз HSDPA, поскольку ее применение в действующих сетях обязательно.

Данные передают по физическому каналу HS-DSCH (High Speed Downlink Shares Channel) короткими кадрами длиной 2 мс с постоянным коэффициентом расширения спектра $SF = 16$, что позволяет отслеживать быстрые замирания сигнала в канале. Скорость передачи информации на мобильный терминал определяется:

- числом одновременно передаваемых на терминал парциальных каналов (кодов) в интервале $C_{ch,16,1}$ до $C_{ch,16,15}$; минимально терминал получает 1 код из указанного множества, максимально – 15. Коды, используемые в технологии HSDPA, приведены в табл. 4.3;

- модуляционно-кодирующей схемой; возможно использование модуляции 4-ФМ, 16-КАМ, 64-КАМ (рис. 4.7) при изменении скорости избыточного (защитного) кодирования от 0,25 до 0,97; при низких скоростях кодирования и при повторной передаче неприятых кадров применяют турбокоды;

- числом одновременно принимаемых частотных каналов при использовании технологии агрегации полос; номинальная ширина полосы в стандарте UMTS составляет 5 МГц, эффективная полоса – 3,84 МГц;

- использованием пространственного мультиплексирования (многоантенной передачи MIMO).

Таблица 4.3

Номер кода i	Код $C_{ch, 16, i}$
1	11111111-1-1-1-1-1-1-1-1
2	1111-1-1-1-11111-1-1-1-1
3	1111-1-1-1-1-1-1-1-11111
4	11-1-111-1-111-1-111-1-1
5	11-1-111-1-1-1-111-1-111
6	11-1-1-1-11111-1-1-1-111
7	11-1-1-1-111-1-11111-1-1
8	1-11-11-11-11-11-11-11-1
9	1-11-11-11-1-11-11-11-11
10	1-11-1-11-111-11-1-11-11
11	1-11-1-11-11-11-111-11-1
12	1-1-111-1-111-1-111-1-11
13	1-1-111-1-11-111-1-111-1
14	1-1-11-111-11-1-11-111-1
15	1-1-11-111-1-111-11-1-11

² Согласно спецификациям стандарт называется UTRA-FDD (Universal Terrestrial Radio Access – Frequency Division Duplex)

Скорости передачи внутри кадра в зависимости от типа модуляции и скорости кодирования $R_{\text{кода}}$ поясняет табл. 4.4.

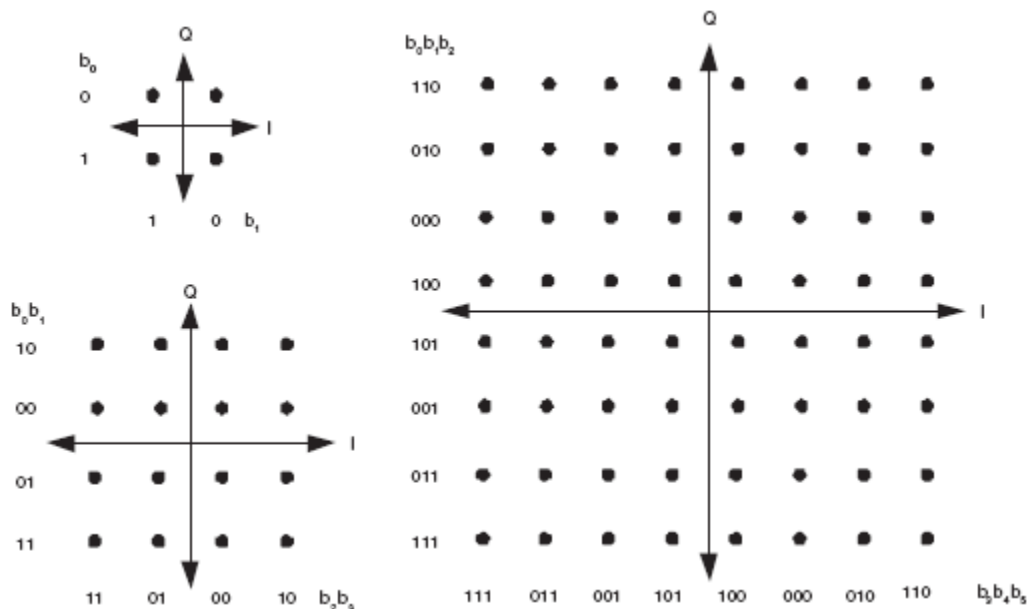


Рис. 4.7. Созвездия сигналов, используемых в HSDPA

Таблица 4.4

Модуляция	Скорость кода $R_{\text{кода}}$	Скорость данных (1 код)	Скорость данных (5 кодов)	Скорость данных (15 кодов)
4-ФМ	1/4	119 кбит/с	0,6 Мбит/с	1,8 Мбит/с
4-ФМ	1/2	237 кбит/с	1,2 Мбит/с	3,6 Мбит/с
4-ФМ	3/4	356 кбит/с	1,8 Мбит/с	5,3 Мбит/с
16-КАМ	1/2	-	2,4 Мбит/с	7,2 Мбит/с
16-КАМ	3/4	-	3,6 Мбит/с	10,7 Мбит/с
64-КАМ	3/4	-	5,4 Мбит/с	16,1 Мбит/с

Абонентская аппаратура поделена на категории в соответствии с теми возможностями, которая она в режиме HSDPA поддерживает на физическом уровне. В релизе 13 стандарта специфицировано 38 категорий пользовательской аппаратуры. Эти категории описаны в табл. 4.5.

Во втором столбце табл. 4.5. указано максимальное число парциальных каналов (кодов), которое может принимать UE одновременно в одном частотном канале.

Таблица 4.5

Категория UE по каналу HS-DSCH	Максимум принимаемых кодов по каналу HS-DSCH	Минимальный интервал между кадрами	Максимальное число принимаемых частотных каналов	Число частотных каналов с реализацией MIMO/ число независимых потоков	Используемые виды модуляции	Максимальная сквозная скорость передачи, Мбит/с
1	5	3	1	0	4-ФМ 16-КАМ	1,2
2	5	3	1	0		1,2
3	5	2	1	0		1,8
4	5	2	1	0		1,8
5	5	1	1	0		3,6
6	5	1	1	0		3,6
7	10	1	1	0		7,2
8	10	1	1	0		7,2
9	15	1	1	0		10,1
10	15	1	1	0		14,0
11	5	2	1	0	4-ФМ	0,9
12	5	1	1	0	4-ФМ 16-КАМ 64-КАМ	1,8
13	15	1	1	0		17,6
14	15	1	1	0	4-ФМ 16-КАМ 64-КАМ	21,1
15	15	1	1	1/2	4-ФМ	23,4
16	15	1	1	1/2	16-КАМ	28,0
17 ³	15	1	1	0	4-ФМ 16-КАМ 64-КАМ	17,6
			1	1/2	4-ФМ 16-КАМ	23,4
18 ⁴	15	1	1	0	4-ФМ 16-КАМ 64-КАМ	21,1
			1	1/2	4-ФМ 16-КАМ	28,0
19	15	1	1	1/2	4-ФМ	35,3
20	15	1	1	1/2	16-КАМ 64-КАМ	42,2
21	15	1	2	0	4-ФМ	23,4
22	15	1	2	0	16-КАМ	28,0
23	15	1	2	0	4-ФМ	35,3
24	15	1	2	0	16-КАМ 64-КАМ	42,2
25	15	1	2	2/2	4-ФМ	46,7
26	15	1	2	2/2	16-КАМ	55,9
27	15	1	2	2/2	4-ФМ 16-КАМ 64-КАМ	70,6
28	15	1	2	2/2		84,4
29	15	1	3	0		63,3
30	15	1	3	3/2		126,6
31	15	1	4	0		84,4
32	15	1	4	4/2		168,8
33	15	1	6	0		126,6
34	15	1	6	6/2		253,2
35	15	1	8	0		168,8
36	15	1	8	8/2		337,5
37	15	1	2	2/2 и 2/4	168,8	
38	15	1	4	4/2 и 4/4	337,5	

³ Один из двух возможных вариантов⁴ Один из двух возможных вариантов

В третьем столбце приведен минимальный временной интервал между следующими друг за другом кадрами. Если он равен 1, то кадры могут следовать непрерывно. Когда он равен 2, временной зазор должен быть не меньше 2 мс (длины одного кадра), если он равен 3, временной зазор должен составлять не менее 4 мс (удвоенной длины кадра).

В 4 столбце указано число частотных каналов, которое UE может принимать одновременно, используя технологию агрегации частотных полос для увеличения скорости передачи данных. Это число может составлять 2, 3, 4, 6 и 8 частотных каналов, которые могут находиться в разных диапазонах.

Столбец 5 характеризует возможности использования пространственного мультиплексирования (MIMO) при передаче нескольких потоков данных в одном физическом канале с разных антенн базовой станции. В левой части дроби указано максимальное число частотных каналов, где может быть реализовано MIMO, в правой – число независимых потоков данных в одном физическом канале.

6 столбец содержит информацию о поддерживаемых UE видах модуляции. В 7 столбце приведены предельные сквозные скорости передачи данных на UE разных категорий.

Для каждой категории и абонентских станций существуют 30 вариантов форматов передачи, характеризующихся модуляционно-кодирующей схемой, числом выделенных абоненту кодов и уровнями передаваемых парциальных сигналов (кодов)⁵. Каждому формату соответствует численное значение индикатора качества канала CQI (Channel Quality Indicator). Для разных категорий UE разработаны разные таблицы соответствия CQI и формата передачи, поименованные буквами: A, B, C...K (спецификации 3GPP TS 25.214). Так, для UE категорий 1 – 7 (табл. 4.5) используют таблицу соответствия A, для станций категорий 7 и 8 – таблицу B, станций категорий 10, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 – 38 (без использования модуляции 64-QAM и MIMO) таблицу D, станций категорий 14, 18, 20, 24, 28 – 38 (без использования MIMO, но с использованием 64-QAM) таблицу G и т.д. Приведем в качестве примера таблицы соответствия D (табл. 4.6) и G (табл. 4.7).

Выбор формата передачи и числа кодов для конкретного абонента BS производит специальная программа в NodeB – планировщик (scheduler). Между NodeB и всеми UE, обслуживаемыми по технологии HSDPA, работает канал обратной связи в реальном времени. UE постоянно измеряют отношение сигнал/суммарная помеха (E_s/N_0), меняющееся во времени из-за перемещения абонента и замираний сигнала. В соответствии с измеренным (E_s/N_0) UE определяет оптимальный формат передачи в виде CQI и передают значение CQI на BS по специальному выделенному каналу управления HS-DPCCH (High Speed Dedicated Physical Control Channel). Планировщик анализирует информацию, поступающую по каналам HS-DPCCH от всех UE, и назначает время и форматы передач пакетного трафика вниз (рис. 4.8).

⁵ При использовании MIMO для некоторых категорий станций число форматов сокращено до 15.

Таблица 4.6

CQI	Размер транспортного блока (бит)	Число выделяемых кодов	Модуляция
1	137	1	4-ФМ
2	173	1	4-ФМ
3	233	1	4-ФМ
4	317	1	4-ФМ
5	377	1	4-ФМ
6	461	1	4-ФМ
7	650	2	4-ФМ
8	792	2	4-ФМ
9	931	2	4-ФМ
10	1262	3	4-ФМ
11	1483	3	4-ФМ
12	1742	3	4-ФМ
13	2279	4	4-ФМ
14	2583	4	4-ФМ
15	3319	5	4-ФМ
16	3565	5	16-КАМ
17	4189	5	16-КАМ
18	4664	5	16-КАМ
19	5287	5	16-КАМ
20	5887	5	16-КАМ
21	6554	5	16-КАМ
22	7168	5	16-КАМ
23	9719	7	16-КАМ
24	11418	8	16-КАМ
25	14411	10	16-КАМ
26	17237	12	16-КАМ
27	21754	15	16-КАМ
28	23370	15	16-КАМ
29	24222	15	16-КАМ
30	25558	15	16-КАМ

Таблица 4.7

CQI	Размер транспортного блока (бит)	Число выделяемых кодов	Модуляция
1	136	1	4-ФМ
2	176	1	4-ФМ
3	232	1	4-ФМ
4	320	1	4-ФМ
5	376	1	4-ФМ
6	464	1	4-ФМ
7	648	2	4-ФМ
8	792	2	4-ФМ
9	928	2	4-ФМ
10	1264	3	4-ФМ
11	1488	3	4-ФМ
12	1744	3	4-ФМ
13	2288	4	4-ФМ
14	2592	4	4-ФМ
15	3328	5	4-ФМ
16	3576	5	16-КАМ
17	4200	5	16-КАМ
18	4672	5	16-КАМ
19	5296	5	16-КАМ
20	5896	5	16-КАМ
21	6568	5	16-КАМ
22	7184	5	16-КАМ
23	9736	7	16-КАМ
24	11432	8	16-КАМ
25	14424	10	16-КАМ
26	15776	10	64-КАМ
27	21768	12	64-КАМ
28	26504	13	64-КАМ
29	32264	14	64-КАМ
30	38576	15	64-КАМ

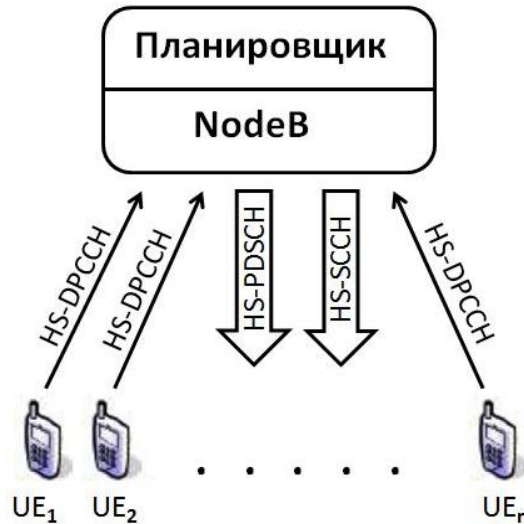


Рис. 4.8. Структура каналов при реализации технологии HSDPA

Сказанное иллюстрирует рис. 4.9. Верхняя кривая – результат измерения отношения (E_s/N_0) в UE. Нижняя кривая – соответствующий этим измерениям формат передачи, в котором 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. Планировщики работают на основе пропорционально справедливому алгоритму управления каналным ресурсом, что обеспечивает обслуживание всех абонентов при оптимизации использования каналного ресурса.

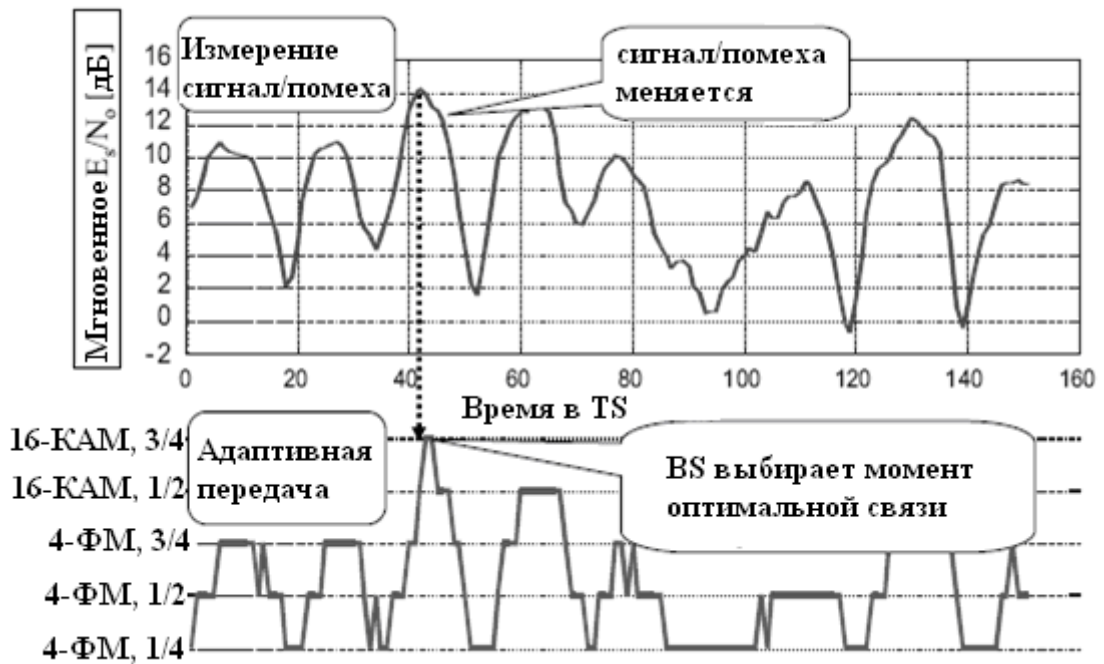


Рис. 4.9. Адаптивное управление передачей трафика вниз