Наташа Малич

Наташа Малич
Эрикссон Никола Тесла а.о., Загреб, Хорватия
Ericsson Nikola Tesla d.d., Zagreb, Croatia

Универсальная система мобильных связей

Резюме

Третья генерация мобильной телефонии, недавно ставшая доступной на Европейском и мировом рынках, предлагает своим пользователям новые, привлекательные приложения, наподобие видео вызова или Мобильный Интернет, со скоростью до 384 кбит/сек. Развитие нового радио интерфейса было предпосылкой для достижения таких высоких скоростей, в результате которых резко увеличились возможности и разнообразие приложений. Постигнута цель создания сетей третьей генерации – перемещение центра тяжести с доходов от речевых услуг на доходы от пакетных услуг. В статье описаны основные характеристики системы третьей генерации, самой распространенной в Европе, ее архитектура, набор (стек) протоколов с особым акцентом на новом радио интерфейсе, самые важные компоненты аппаратных средств, а также дан обзор новых мобильных телефонов.

Ключевые слова:
Мобильная телефония
3 G, Третья генерация связи
UMTS, Универсальная система мобильных связей
UTRA FDD, UMTS Наземная сеть радио доступа / система дуплексной передачи с частотным разделением
Радио интерфейс

Key words:
Mobile Telephony
3G, Third Generation Communications
UMTS, Universal Mobile Telecommunications Systems
UTRA FDD, Universal Terrestrial Radio Access/ Frequency Division Duplex
Radio Interface

UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS

Abstract

The third generation of mobile telephony recently became available at the European and world markets, offering its customers new, attractive applications, such as video call or the mobile Internet usage, with speeds up to 384 kb/s. The development of a new radio interface was the prerequisite for such high speeds. By achieving that, the number of possibilities and kinds of applications grows rapidly, which is the goal of the 3G communications – to shift the focus from the voice revenues to the new revenues obtained by packet switched applications. Along with the basic principles on which the most frequently implemented 3G system in Europe is based, the article also focuses on its architecture, protocol stack with the special emphasis on radio interface and last, but not least, new equipment which is necessary to make 3G possible, including new mobile telephones.

1. Введение

В сетях первой и второй генерации мобильной телефонии главным источником прибыли операторов телекоммуникаций были речевые соединения. В то же время, всемирно распространенная сеть Интернет, представляющая основу для создания многочисленных мультимедийных приложений и информационных служб, побудила идею о новых услугах, основывающихся на пакетной беспроводной передаче данных. Общие услуги пакетной передачи радиосвязью – GPRS (*General Packet Radio Service*), точнее вторая генерация мобильной телефонии, предложила

содержание и обеспечила возможность беспроводного доступа сети Интернет, но из-за малой скорости передачи данных эта идея не получила желаемый эффект. В ответ на вопрос, как предложить привлекательное содержание, а одновременно и удовлетворительное качество услуги, возникла третья генерация мобильной телефонии, известная под названием 3G (*3rd Generation*). Основной характеристикой 3G радио доступа является обеспечение мобильной мультимедийной коммуникации с соответствующей гибкостью. Под этим подразумевается выгодная возможность поддержки большего числа носителей с различными запросами, как, например, различная скорость передачи (bit rate), которая может быть постоянной или переменной, в реальном времени или с допустимой задержкой, а также услуги, основывающиеся на техниках коммутации каналов - CS (*Circuit Switched*) и коммутации пакетов - PS (*Packet Switched*).

Одновременно, должна быть обеспечена возможность простой миграции систем второй генерации к системам 3G, что облегчит многим операторам реконструкцию уже существующих сетей введением новых компонентов.

Для правильного выбора радио интерфейса, удовлетворяющего перечисленным требованиям, Международное объединение по телекоммуникациям – Сектор радиосвязи ITU-R (*International Telecommunication Union - Radio Communication Sector*), разработала структуру стандартов Международные мобильные телекоммуникации 3G (*International Mobile Telecommunications 2000 - IMT-2000*), а Европейский институт стандартов по телекоммуникациям ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*), как свое решение, предложил систему Широкополосного множественного доступа с кодовым разделением каналов - WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*). Предложенный стандарт получил название Универсальная система мобильных связей, во всем мире известный под названием UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*). В настоящее время существует единственная организация по стандартам, которая занимается разработкой спецификаций для UMTS. Эта организация называется Проектом сотрудничества в создании мобильных сетей третьей генерации 3GPP (*3G Partnership Project*). Стандарт UMTS усвоен во многих странах.

Внутри 3GPP WCDMA делится на две системы: UMTS наземная сеть радио доступа / система дуплексной передачи с частотным разделением каналов -UTRA FDD (*Universal Terrestrial Radio Access/Frequency Division Duplex*), и система дуплексной передачи с временным разделением каналов TDD (*Time Division Duplex*).

2. Архитектура сети UMTS

Элементы сети функционально группированы в опорной сети (*Core Network*), служащей для коммутации и маршрутизации вызовов и соединений передачи данных к внешним сетям, и в сети радио доступа RAN (*Radio Access Network*, UMTS *Terrestrial* RAN = UTRAN), которая управляет всеми радио функциями.

2. 1. Опорная сеть

И если о сети радио доступа системы UMTS/WCDMA можно сказать, что она представляет революцию в отношении на сеть радио доступа системы GSM, об опорной

Рис 1. Вертикально и горизонтально структурированные сети

сети можно свободно сказать, что она является дальнейшей эволюцией существующей опорной сети системы GSM. Другими словами, изменения в опорной сети не так велики, как в радио части, т.е. опорную сеть UMTS/WCDMA можно реализовать наращиванием существующей опорной сети GSM.

Одной из ключевых характеристик системы UMTS/WCDMA, которая больше всего относится на опорную сеть, является т.н. многоуровневая архитектура (*layered architecture*). А именно, в отличие от существующих сетей, которые были структурированы вертикально и, к тому же, каждая сеть имела свою собственную сеть передачи, свою логику управления и была предусмотрена для точно определенной категории услуг (передача речи, передача данных…), идея новых сетей, а значит и сети UMTS/WCDMA, горизонтальная структура. Другими словами это значит, что несколько сетей используют одну и ту же инфраструктуру передачи (совместная сеть передачи), что отдельные услуги доступны независимо от сети, в которой пользователь моментально находится (совместная сеть услуг), а специфическим для каждой сети является собственная логика управления (Рис. 1.).

Такая горизонтально структурированная, многоуровневая архитектура реализована и в опорной сети системы UMTS/WCDMA. Как показано на Рис. 2., многоуровневая архитектура в системе UMTS/WCDMA состоит из трех уровней:

- уровень услуг (*service layer*),
- уровень управления (*control layer*),
- связывающий уровень (*connectivity layer*).

Уровень услуг реализован в рамках сети услуг системы UMTS/WCDMA, а уровни управления и связывающий уровень творят опорную сеть. В управляющем уровне размещены элементы, которые, с одной стороны, представляют собой интерфейс к сети услуг, а с другой стороны управляют передачей информации, которая совершается на связывающем уровне, и надзирают ее. Связывающий уровень одновременно служит и для связи опорной сети с сетью радио доступа, и для связи опорной сети с другими внешними сетями (Телефонной сетью общего пользования - PSTN, другими мобильными сетями, с сетью Интернет…).

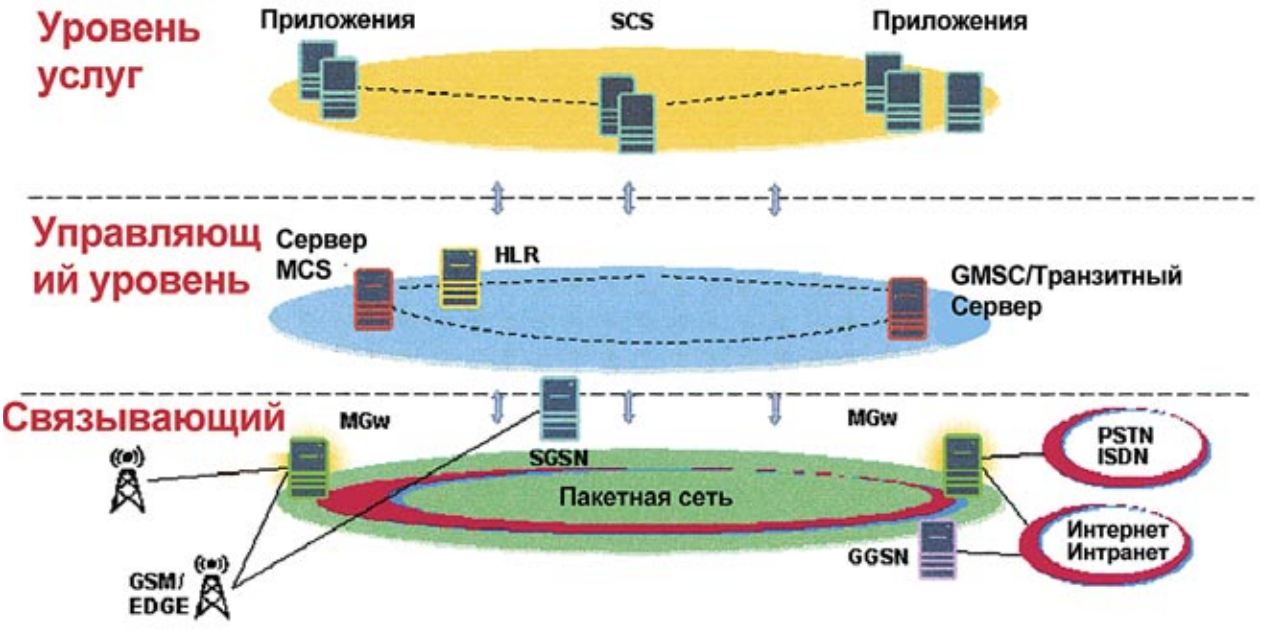
С точки зрения передачи данных, опорную сеть можно разделить на домен (область) коммутации пакетов (пакетный домен), домен коммутации каналов, а также на элементы, совместные для обоих доменов.

Основными элементами домена коммутации каналов являются:

- сервер узла коммутации мобильных связей, MSC сервер (MSC Server - *Mobile Switching Centre Server*)
- сопрягающий шлюз доступа (MGw - *Media Gateway*).

MSC сервер является основным управляющим элементом домена коммутации каналов, и он предназначен для управления вызовами (установление, надзор и разъединение вызова), управления дополнительными услугами (*supplementary services*), управления и накопления тарифных (оплата) и расчетных данных, управления функциями, связанными с мобильностью абонента (*mobility manage-*

Рис 2. Многоуровневая архитектура системы UMTS/WCDMA



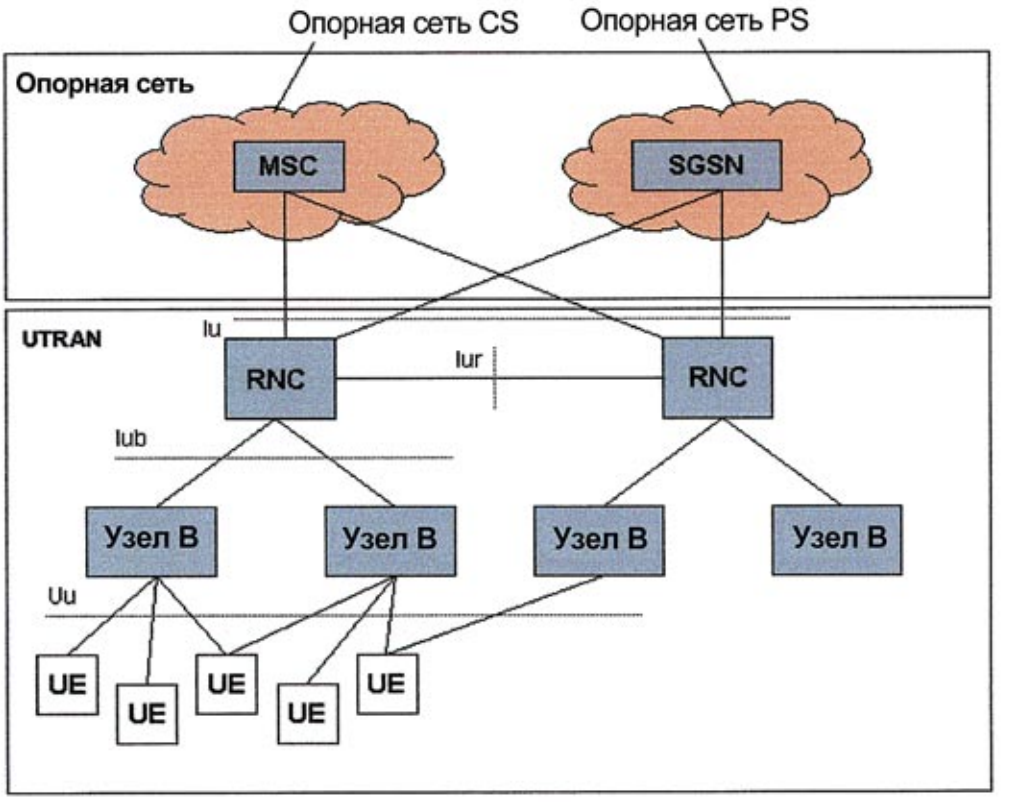


Рис 3. Архитектура системы сети доступа

ment) и управлением работой сопрягающих шлюзов доступа MGw.

Сопрягающий шлюз доступа MGw центральный элемент связывающего уровня в домене коммутации каналов. Предназначен для таких функций как, например, подавление эха (echo-cancelling), кодирование/декодирование речи из импульсно-кодовой модуляции ИКМ (PCM – *Pulse Code Modulation*) в AMR (*Adaptive Multirate*) кодек и обратно (*transcoding*), обеспечения вызова между больше, чем двумя абонентами (*multi-party call*), а также интерактивные сообщения абонентам (*interactive messaging*). Сопрягающий шлюз доступа MGw предназначен и для приспосабливания данных, переносимых разными технологиями передачи, например, сетями с временным уплотнением TDM (*Time Division Multiplexing*) и сетями с асинхронным режимом передачи ATM (*Asynchronous Transfer Mode*). Сопрягающий шлюз доступа MGw логически размещен на границе связывающего уровня и является интерфейсом к другим сетям, и внешним сетям и сетям доступа.

Проще говоря, сравнивая сервер MSC с существующей системой GSM, точнее с узлом коммутации мобильных связей MSC, его можно описать как управляющую логику (реализованную в подсистеме процессора), а сопрягающий шлюз доступа MGw как коммутационную часть узла MSC, известного нам из системы GSM.

Стоит напомнить, что стандартным считается и объединение сервера MSC с сопрягающим шлюзом доступа MGw в совместном узле, называемым MSC/MGw. Такая архитектура называется монолитной архитектурой.

Основными элементами домена коммутации пакетов являются:

• Обслуживающий узел поддержки GPRS - SGSN (*Serving GPRS Support Node*)

• Шлюзовой узел поддержки GPRS - GGSN (*Gateway GPRS Support Node*).

SGSN и GGSN узлы имеют назначение, почти идентичное их назначению в рамках системы GSM/GPRS.

Узел SGSN содержит функции для управления сессиями данных (session management), функции местонахождения и отслеживания абонента, а также функции управления и накопления тарифных и расчетных данных.

Узел GGSN служит для связи с внешними сетями передачи данных (Интернет, корпоративные сети), а содержит и функции контроля сессий данных, функцию закрепления IP адреса, а также функции проверки подлинности (authentication) пользователя.

Самыми важными совместными элементами обоих доменов являются:

• Регистр местонахождения опорных абонентов (*Home*

Location Register - HLR)

• Центр проверки подлинности (*Authentication Centre - AuC*)

• Гибкий регистр нумерации (*Flexible Numbering Register* - FNR).

Узел HLR это центральная база данных, содержащая данные о собственных абонентах: речь идет о категории подписки, дополнительных услугах, местонахождении абонента и т.п. Узел AuC это база данных, которая вместе с узлом HLR участвует в проверке подлинности пользователя. Функции HLR и AuC чаще всего физически интегрированы в одном узле. Узел FNR это база данных, которая содержит связь между международным номером мобильного абонента IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) и номером мобильного телефона в ISDN сети - MSISDN (*Mobile Station ISDN Number*), что позволяет сохранение старого абонентского номера в случае перемены оператора (*Mobile Number Portability- Переносимость мобильного номера*). Перечисленные элементы содержат идентичные функции и в рамках системы GSM, и поэтому в большинстве сетей GSM/UMTS эти элементы будут совместными для систем второй и третьей генерации, 2G и 3G.

2.2. Сеть доступа

Архитектура сети доступа в системе UMTS представлена на Рис. 3.

Сеть доступа состоит из следующих компонентов:

• Базовая радио станция (RBS – *Radio Base Station*), или как обозначено на рисунке - узел B (*Node* B)

• Модуль управления радиосетью (RNC - *Radio Network Controller*)

• Оборудование пользователя (UE - *User Equipment*)

• Между базовой радио станцией RBS (Узел B) и модулем управления радиосетью RNC может быть и т.н. концентратор, компонент, который используется для концентрации нагрузки к модулю управления радиосетью RNC.

Также определены и следующие интерфейсы:

• Uu – интерфейс между оборудованием пользователя UE и базовой радио станцией RBS (UTRA FDD радио интерфейс)

• Iub – интерфейс между базовой радио станцией RBS и модулем управления радиосетью RNC

• Iur – интерфейс между двумя модулями управления радиосетью RNC (этот интерфейс не имеет соответствующей пары в GSM).

• Iu – интерфейс между модулями управления радиосетью и опорной сетью.

3. Основные характеристики радио интерфейса UTRA FDD

Большинство положительных характеристик множественного доступа с кодовым разделением каналов (CDMA - *Code Division Multiple Access*) проистекает из широкополосности и некоторых характеристик системы в целом, а не из характеристик отдельных радио связей.

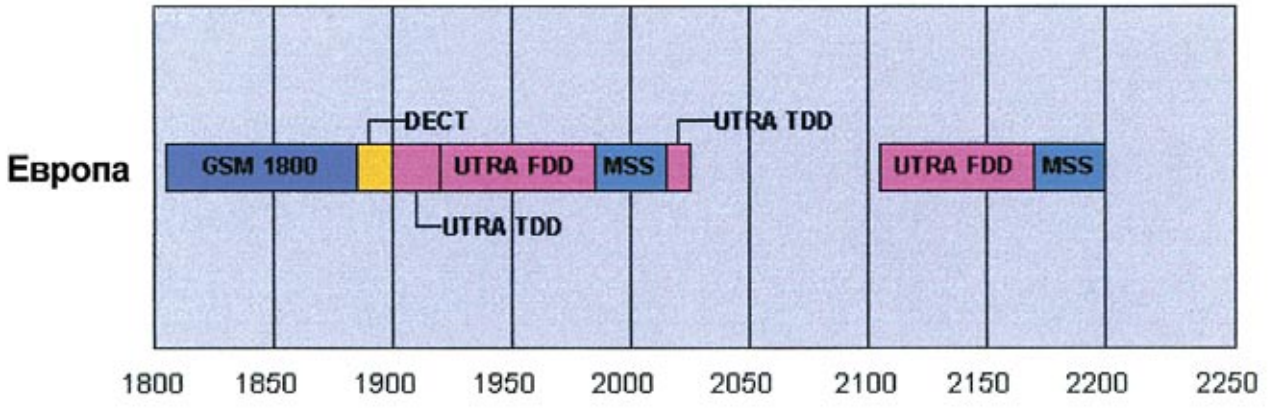
3.1. Частотный спектр

Для новой системы потребовался дополнительный спектр частот, поэтому в Европе для системы UTRA FDD выделены две полосы частот, 1920-1980 МГц для восходящих (от абонента) соединений и 2110-2170 МГц для нисходящих (к абоненту) соединений (Рис. 4.).

3.2. Кодирование

В отличие от GSM, где каждому пользователю выделен временной образец, в котором только он посылает данные, в системе UTRA FDD все пользователи посылают данные в одной и той же полосе частот и в одно и то же время, т.е. коэффициент повторного использования частоты (frequency reuse) равняется 1. Эта характеристика обеспечивает высокую спектральную эффективность. Для распознава-

Рис 4. Распределение частотного спектра



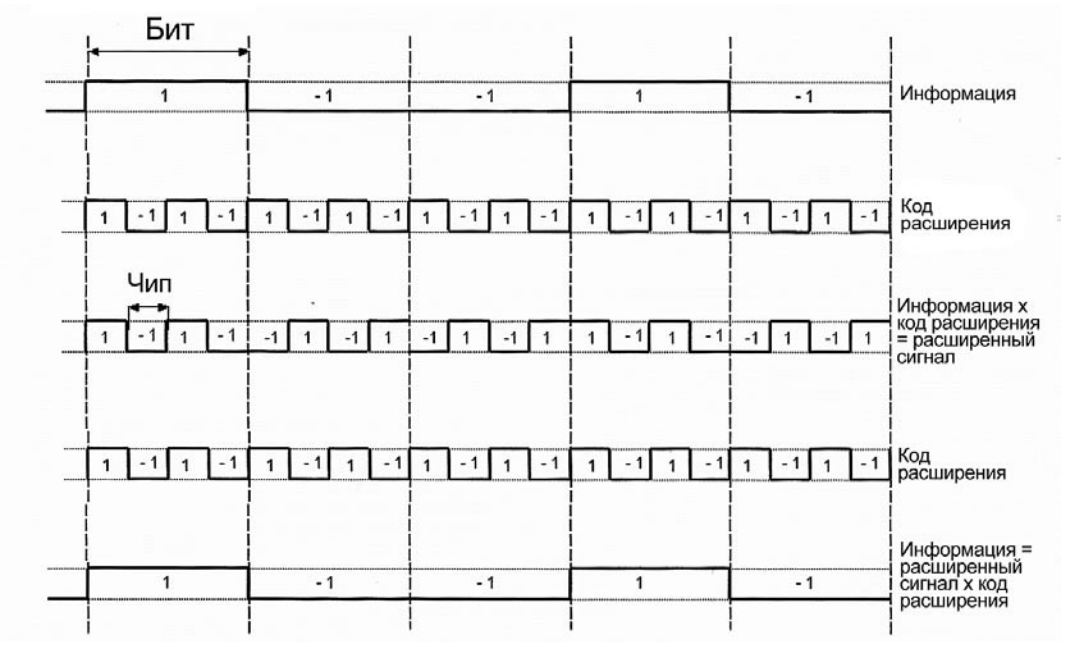


Рис 5. Расширение CDMA сигнала

ния пользователей каждому из них выделяется единственный код, которым кодируются передаваемые данные. Приемник, зная кодовую последовательность пользователя, декодирует принятый сигнал и таким образом получает свою информацию. Применяется двукратное кодирование, прежде всего данные пользователя кодируются т.н. канальным или ортогональным кодом, а затем т.н. псевдослучайным (PN - *Pseudonoise Sequence*) кодом. Т.е. каждый передатчик получает различный PN код, а каждый канал данных различный ортогональный код для распознавания информации, поступающей от одного и того же передатчика.

Так как ширина полосы кода гораздо шире полосы передаваемых данных, процесс кодирования расширяет спектр сигнала и поэтому UTRA FDD называется системой с расширенным спектром, в которой код применяется непосредственно на последовательность битов данных (DS-CDMA - *Direct Sequence*).

На Рис. 5. представлен пример расширения сигнала, т.е. данных пользователя с помощью кода расширения.

В результате операции умножения информации пользователя на код расширения получается чип (*Chip*), т.е. говорится, что сигнал расширен. Для кодов расширения используются ортогональные коды.

Если передатчик и приемник используют одинаковый код с одинаковым временным отклонением, будет получена стопроцентная корреляция или взаимосвязь, т.е. на приемнике будет реконструирован посланный сигнал. Если передатчик и приемник используют различные коды, на приемнике будет получен нуль.

Одной из самых важных характеристик множественного доступа расширенного спектра является прибыль обработки. Прибыль обработки системы проистекает из самого процесса расширения спектра сигнала и непосредственно указывает на улучшение отношения сигнал-шум (SNR - *Signal to Noise Ratio*). Прибыль обработки системы равна отношению частотной полосы расширенного спектра к частотной полосе первоначального спектра, и

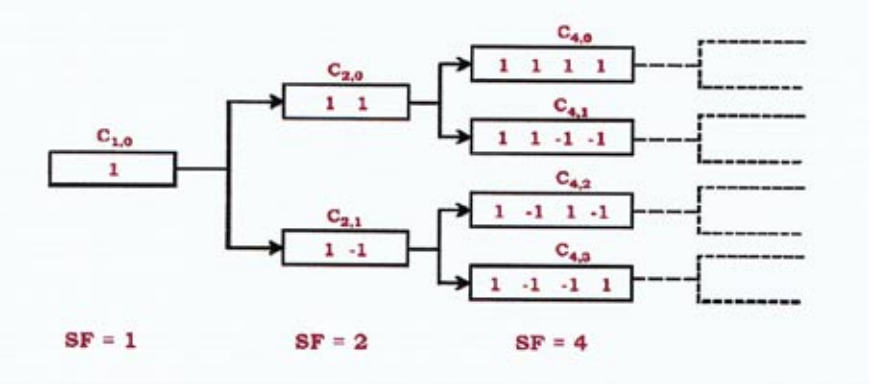


Рис. 6. Дерево Уолша

означается с Gp. Частотная полоса расширенного спектра постоянная величина (скорость потока чипов равна 3,84 Мчип/сек), что значит, для заданной ширины канала прибыль обработки большая при меньшей скорости информационного сигнала, чем при высшей скорости информационного сигнала. Мощность сигнала в системе WCDMA находится ниже уровня шума, а при этом, именно благодаря прибыли обработки, приемник может опознать желаемый сигнал.

Для передачи скорости потока чипов 3,84 Мчип/сек используется ширина полосы 5 МГц. Есть несколько причин для выбора такой ширины полосы. Во-первых, это позволяет осуществление большой емкости со скоростью битов информации до 384 кбит/сек в частотной полосе ширины 5 МГц. Во-вторых, частотная полоса и не может быть гораздо шире, так как частотный спектр занят системами второй генерации. В-третьих, ширина частотной полосы в 5 МГц может разделять несколько многолучевых (*multipath*) компонентов от более узкой полосы.

Биты информации расширяются операцией умножения данных пользователя на канальный или ортогональный код, полученный из т.н. дерева Уолша (*Walsh*), Рис. 6. Такие коды еще называются и Ортогональным изменяемым фактором расширения OVSF (*Orthogonal Variable Spreading Factor*).

Существует несколько ограничений, связанных с использованием ортогональных кодов. А именно, один канал может использовать какой-то ортогональный код при условии, если ни один другой канал, берущий коды с того же самого дерева канальных кодов, не использует код с подчиненной ветви. Также не может быть взят код, требуемый для меньшего фактора расширения, который находится на пути к корню дерева. Фактор расширения (SF - Spreading Factor) умноженный на скорость потока битов дает скорость потока чипов.

Чтобы можно было отличать передатчики, после использования ортогонального кода последовательность чипов умножается на псевдослучайную последовательность (*Pseudo Noise* - PN код), которая также имеет скорость потока чипов 3,84 Мчип/сек. Эта операция называется псевдослучайным кодированием (*scrambling*). Если характеристики ортогонального кода были такими, что спектр сигнала не расширился до конца, при псевдослучайном кодировании это все-таки будет дополнительно постигнуто (Рис. 7.), при чем оконечная скорость потока чипов не изменится, т.е. останется равной 3,84 Мчип/сек.

На приемной стороне также применяется тот же самый PN код, который использовался при псевдослучайном кодировании. Если будет применен какой-то другой код, на приемнике будет получен сигнал похожий на шум, который, в сущности, является источником интерференции в системах WCDMA.

В восходящем соединении ортогональные коды используются для отделения информаций пользователя, поступающих от одного пользователя (одного мобильного телефона). Применением PN кода на сумму всех сигналов от одного мобильного телефона постигается почти единственное обозначение данного телефона, т.е. в нашем распоряжении 225 различных PN кодов в восходящем соединении, что гарантирует очень малую вероятность двух мобильных телефонов в одной ячейке с одинаковым PN кодом.

В нисходящем соединении ортогональные коды применяются на данные пользователя, которые поступают из

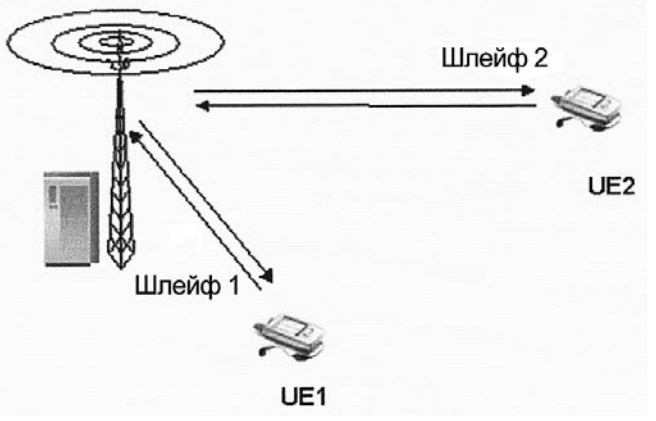


Рис 8 . Регулирование мощности по замкнутому шлейфу

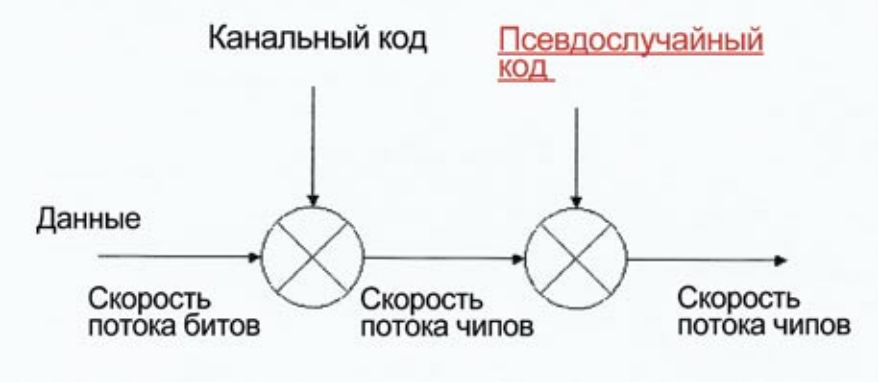


Рис 7. Скорости передачи после расширения и псевдослучайного кодирования

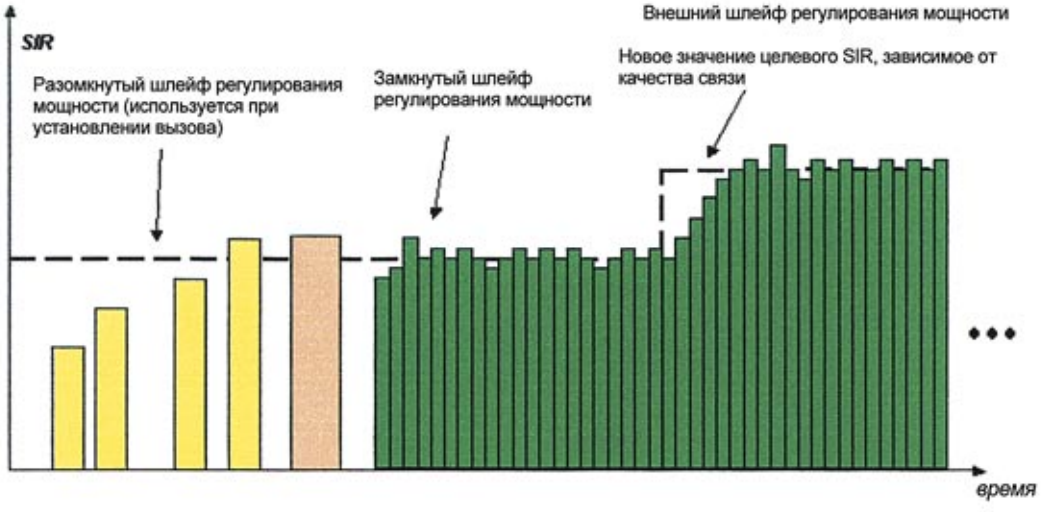


Рис 9. Пример разомкнутого, замкнутого и внешнего шлейфа регулирования мощности

базовой радио станции к определенному пользователю. PN код присваивается каждой ячейке, а в нашем распоряжении 8192 различных кодов, из которых вначале используются только 512 кодов, которые называются первичными псевдослучайными кодами.

На стороне приемника “расширенный” сигнал, прежде всего, умножается с тем же PN кодом, который использован в передатчике (*descrambling - декодирование*), а затем с идентичным ортогональным кодом, с которым умножены и данные, ради получения первоначальной последовательности битов (сужение спектра).

3.3. Регулирование мощности

Регулирование мощности сигнала очень важный аспект системы UTRA FDD, т.к. без этой функции один мобильный телефон мог бы заблокировать целую ячейку. Проблема представлена на Рис. 8. Если мобильные телефоны UE1 и UE2 работают на одной и той же частоте, т.е. базовая станция их отличает только по PN коду, может случиться, что мобильный телефон UE2 находится на границе ячейки, и что его сигнал 60 дБ ниже уровня сигнала мобильного телефона UE1, который находится вблизи базовой станции. Этот эффект называется эффектом »близко-далеко« (*near-far effect*). Во избежание этого эффекта, уровень сигналов всех мобильных телефонов в ячейке уравнивается, и этот поступок называется регулированием мощности. Так как этот поступок повторяется 1500 раз в секунду, он также называется и быстрым регулированием мощности.

В системах UTRA FDD используется регулирование мощности по разомкнутому шлейфу (*open-loop power control*), регулирование мощности по замкнутому шлейфу (*closed-loop power control*) и регулирование мощности по внешнему шлейфу (*outer loop power control*). В случае регулирования мощности по разомкнутому шлейфу потеря луча оценивается на основании принятого сигнала в нисходящем соединении. Это довольно не точная процедура, так как быстрое замирание (*fast fading*) в восходящем соединении и в нисходящем соединении взаимно не связаны. Однако эта процедура все-таки применяется, но только при первичном определении мощности передачи мобильного телефона при установлении соединения.

Гораздо более точная регулировка мощности постигается по замкнутому шлейфу. В базовой радио станции оценивается принятое соотношение между сигналом и

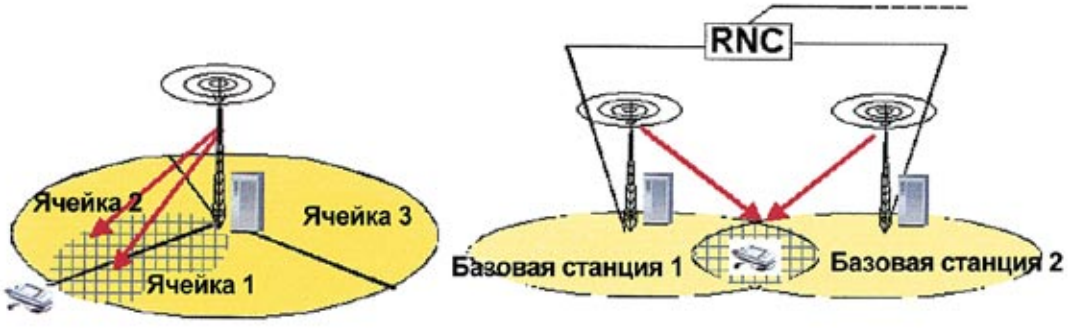


Рис 10. Пример мягкого и более мягкого переключения в системе UTRA FDD

интерференцией (SIR - *Signal to Interference Ratio*) и сравнивается с целевым значением (Рис. 9.). Если измеренное значение фактора SIR меньше предусмотренного, тогда базовая станция требует от мобильного телефона увеличения мощности передачи, а если значение SIR больше целевого, тогда требует уменьшения мощности. Регулирование по внешнему шлейфу определяется целевым значением фактора SIR, которое обеспечивает поддержку постоянного качества соединения, определенного целевым значением частоты появления ошибок в передаче. Целевое значение фактора SIR изменяется и поддерживается таким образом, чтобы был удовлетворен минимум качества соединения, а также уровень интерференции в системе поддерживался на минимуме.

3.4. Мягкое и более мягкое переключение

При более мягком переключении (*softer handover*) мобильный телефон находится в зоне, охватывающей несколько секторов одной и той же базовой станции. Мобильный телефон и базовая станция одновременно обмениваются информацией по двум каналам, каждый из которых принадлежит другому сектору. В нисходящем соединении требуются два PN кода, чтобы мобильный телефон мог отличать сигналы. Мобильный телефон обрабатывает сигналы в т.н. RAKE приемнике (*Rake Receiver*). В восходящем соединении происходит подобный процесс, расширенные сигналы принимаются в обоих секторах, а после декодирования посылаются тому же самому грабельному приемнику. При более мягком переключении активен только один замкнутый шлейф регулирования мощности.

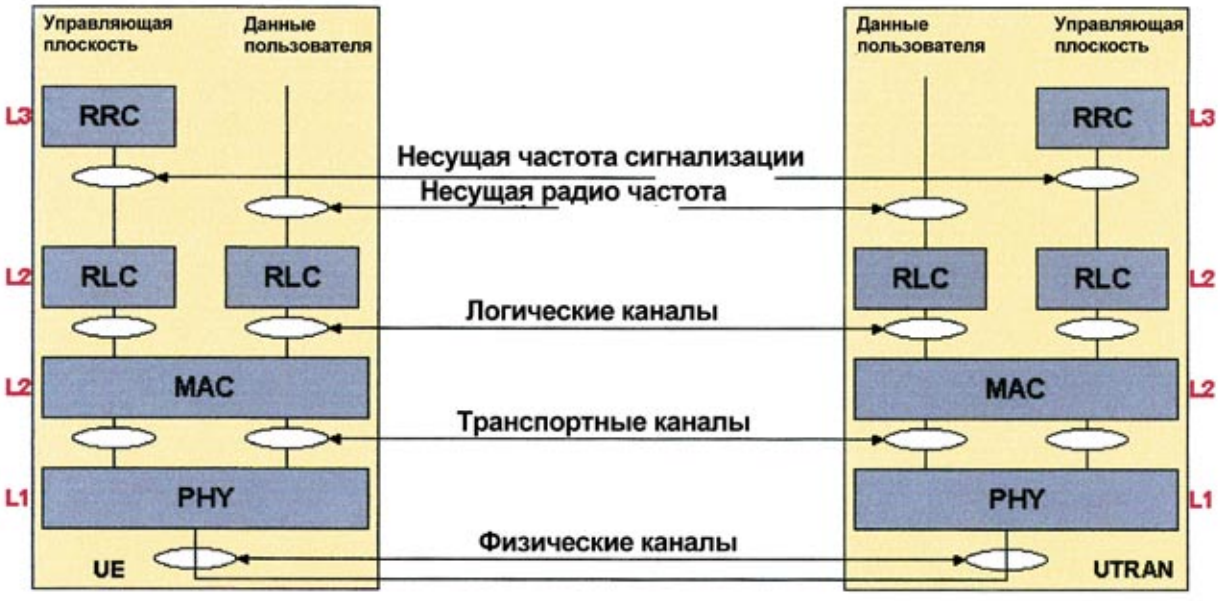
Мягкое переключение (*soft handover*) требуется, когда мобильный телефон находится в зоне, охватывающей несколько ячеек (максимально три) разных базовых станций. Также, как и в случае более мягкого переключения, мобильный телефон общается с базовой станцией по двум отделенным каналам. В нисходящем соединении почти нет разницы между мягким и более мягким переключением, сигналы комбинируются в RAKE приемнике. В восходящем соединении есть более значительная разница, т.к. обе базовые станции принимают расширенные сигналы, которые посылает мобильный телефон. Принятые данные направляются в модуль управления радиосетью RNC, где выполняется внешний шлейф регулирования мощности, т.е. проверяется Частота появления ошибочных блоков (BLER - *BLock Error Rate*) каждого принятого сигнала и выбирается тот сигнал, который имеет самый малый фактор BLER, точнее самую малую частоту появления ошибок. В течение мягкого переключения активны два шлейфа регулирования мощности.

4. Набор протоколов UTRAN

На Рис.11 представлена архитектура и взаимосвязь протоколов радио интерфейса.

Сеть доступа состоит из плоскости управления и плоскости пользователей. Плоскость управления служит для передачи сигнализации, а плоскость пользователей для передачи полезной информации. Три слоя - L1, L2 и L3, взаимосвязаны использованием логических, транспортных и физических каналов.

Рис 11. Набор протоколов UTRAN



Модуль управления ресурсами RRC (*Radio Resource Control*) управляет большинством сигнализации между мобильным телефоном и RNC. Непосредственно управляет физическим уровнем для установления вызова, разъединения вызова и т.п.

Носитель радио доступа RAB (*Radio Access Bearer*) является связывающим сегментом между мобильным телефоном и опорной сетью, используемым для поддержки качества услуги (*Quality of Service* - QoS) носителей услуг UMTS. Каждый RAB отображается (*mapping*) одним или несколькими радио носителями.

Радио носители отображаются логическими объектами (*entity*) RLC (*Radio Link Control - Управление каналом радиосвязи*). Каждый логический объект RLC общается (UE-RNC) со своим граничным объектом, используя один или несколько логических каналов.

Логические каналы группируются по содержанию передаваемых данных, т.е. передается ли информация пользователя, или L3 управление и сигнализация. L3 сигнализация служит для передачи результатов измерений и команд о переключении.

Ниже перечислены логические каналы:

Широковещательный канал управления BCCH (*Broadcast Control Channel)* – для передачи системных управляющих сообщений в нисходящем соединении.

Канал управления поисковыми радио вызовами PCCH (*Paging Control Channel*) – для передачи поискового радио вызова (*paging*) в нисходящем соединении (используется, если сеть не знает точное местонахождение мобильного телефона).

Общий канал управления CCCH (*Common Control Channel*) – для обмена управляющей информацией между сетью и оборудованием пользователя UE в обоих направлениях. Обычно это используют те мобильные телефоны, которые не имеют RRC связь с сетью, а также мобильные телефоны, использующие совместные транспортные каналы для доступа к новой выбранной ячейке после повторного выбора ячейки.

Выделенный канал управления DCCH (*Dedicated Control Channel*) – двунаправленный канал для обмена управляющей информацией между сетью и мобильным телефоном (устанавливается процедурой RRC установления связи).

Выделенный канал передачи DTCH (*Dedicated Traffic Channel*) – канал выделен только одному мобильному телефону для передачи информации пользователя (в обоих направлениях).

Общий канал передачи CTCH (*Common Traffic Channel*) – однонаправленный канал для передачи информации пользователя для всех или специфической группы мобильных телефонов.

Отображение логических каналов (*mapping*) каналами передачи выполняется посредством уровня MAC (*Medium Access Control*). Каналы передачи группируются согласно категории используемой передачи. Такое разделение позволяет различный контроль с помощью циклического избыточного кода CRC, кодирование, и т.д., для отдельных различных приложений.

Ниже перечислены каналы передачи:

Широковещательный канал между одним передатчиком и двумя (или больше) приемниками (BCH - *Broadcast Channel*) – используется для передачи информации, специфической для сети UTRA в нисходящем соединении (downlink).

Канал прямого доступа (FACH - *Forward Access Channel*) – используется для передачи управляющей информации в нисходящем соединении мобильным телефонам, о которых известно, что они находятся в определенной ячейке. Также используется для передачи меньшего количества данных.

Транспортные каналы	***Физические каналы***
DCH	Dedicated Physical Data Channel (DPDCH)
	Dedicated Physical Control Channel (DPCCH)
RACH	Physical Random Access Channel (PRACH)
CPCH	Physical Common Packet Channel
	Common Pilot Channel (CPICH)
BCH	Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCP)
FACH	Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCP)
PCH	
DSCH	Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)
	Synchronization Channel (SCH)
	Acquisition Indicator Channel (AICH)
	Access Preamble Acquisition Indicator Channel (AP-AICH)
	Pager IndicatorChannel (PICH)
	CPCH Status Indicator Channel (CSICH)
	Collision Detection/Channel Assigment Indicator Channel (CD/CA-ICH)

Рис 12. Отображение транспортного уровня на физическом уровне

Поисковый канал (PCH - *Paging Channel*) – служит для передачи данных, важных для процедуры поискового радио вызова. Радио вызов может быть направлен к одной или нескольким ячейкам, в зависимости от конфигурации системы.

Канал произвольного доступа (RACH - *Random Access Channel*) – служит для передачи управляющей информации в восходящем соединении (upnlink), например, запроса об установления RRC связи, а также для передачи меньшего количества пакетов.

Совместный пакетный канал в восходящем соединении (CPCH - *Uplink Common Packet Channel*) – служит для передачи пакетных данных пользователя в восходящем соединении.

Совместный канал в нисходящем соединении (DSCH - *Downlink Shared Channel*) – служит для передачи пакетных данных пользователя и/или управляющей информации отдельным пользователям; может разделяться по времени между несколькими пользователями.

CPCH и DSCH опциональные, т.е. не обязательные каналы.

И еще, каналы передачи отображаются физическими каналами. Они отличаются по частоте RF, ортогональным и псевдослучайным кодам и модуляции, т.е. эти каналы служат для действительной передачи битов данных.

Физический уровень предназначен для:

• Прямого исправления ошибок (FEC - *Forward Error Correction*), кодирования/декодирования транспортных каналов.

• Опознавания ошибки в транспортном канале и сообщении об этой ошибке вышестоящим уровням.

• Согласования скорости потока данных (*Rate Matching*) кодированных транспортных каналов с физическими каналами.

• Комбинирования физических каналов.

• Внутреннего шлейфа регулирования мощности.

• Модуляции/демодуляции и расширения/сужения физических каналов.

• Макро разнообразия распределения/комбинирования.

• Функций, связанных с поиском подходящей ячейки.

• Синхронизации (по чипу, биту и фрейму)

• Поддержки для мягкого переключения.

• Измерения радио параметров, таких как, например, частота появления ошибочных фреймов (*Frame Error Ratio* - FER), отношение между сигналом и интерференцией (SIR), мощность интерференции, и сообщение этих результатов вышестоящим уровням.

На Рис. 12. представлено отображение (*mapping*) транспортного уровня на физическом уровне.

Канал CPICH характеризуется постоянным канальным кодом (все нули, SF=256), так что в основном, после псевдослучайного кодирования передает PN код. Существует т.н. первичный канал CPICH, который посылается в целой ячейке, а также вторичный канал CPICH, который используется, если в системе существуют адаптивные антенны.

Канал SCH используется в процессе поиска ячейки. Состоит из двух подканалов – первичного (P-SCH) и вторичного (S-SCH), которые посылаются одновременно. Канал P-SCH одинаковый во всем мире и служит для опознавания системы WCDMA, а также для синхронизации мобильного телефона на временной интервал. Канал S-SCH обеспечивает мобильному телефону возможность разыскания группы кодов, в которой находится PN код ячейки, на которую подключено оборудование пользователя,

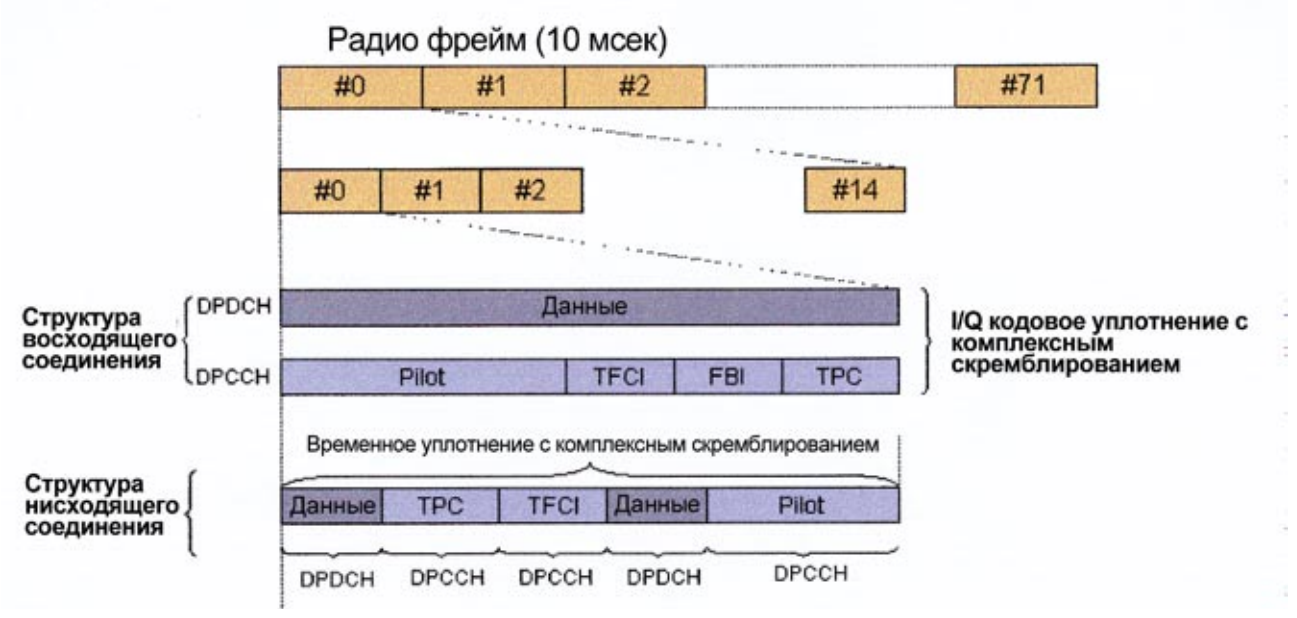


Рис 13. Структура DPCH в восходящем и нисходящем соединении

а также синхронизацию мобильного телефона на временной фрейм. Канал AICH это физический канал, посредством которого базовая станция сообщает вызывающему мобильному телефону, что коммуникация установлена. Соответствующим каналом в восходящем соединении является канал PRACH. Мобильный телефон посылает т.н. преамбулы, т.е. увеличивает мощность переданного сигнала до тех пор, пока на канале AICH не получит подтверждение, что установлен контакт с базовой станцией.

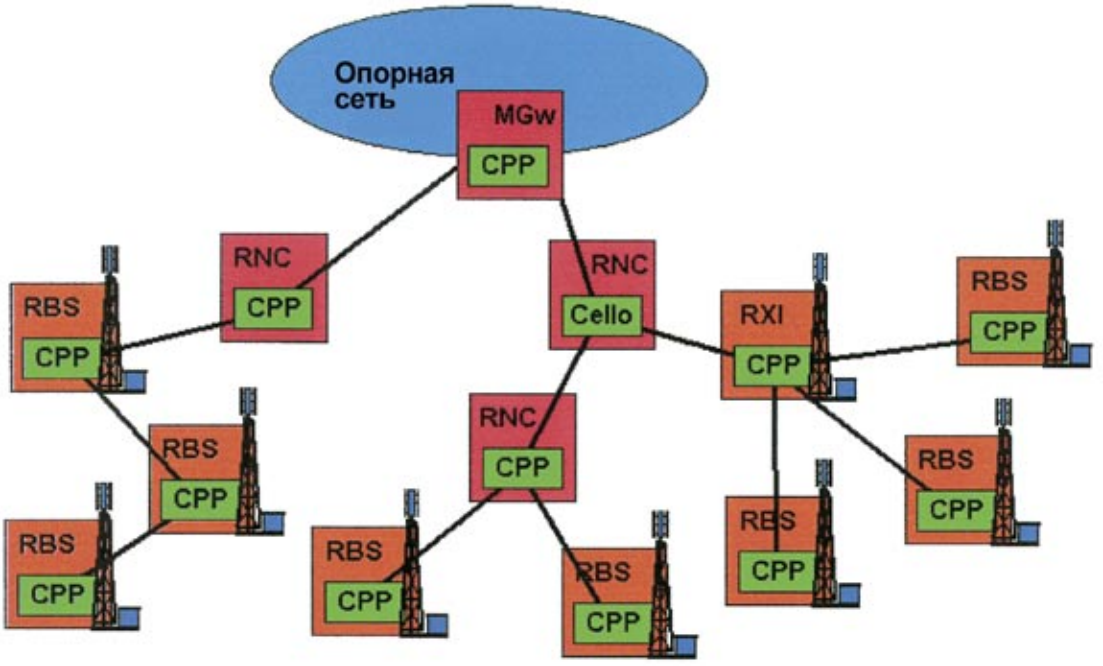
Физический канал PICH служит для передачи индикаторов поискового радио вызова (*Paging Indicators*). А именно, мобильный телефон не слушает канал PCH постоянно, а только когда по каналу PICH получит сообщение о поступившем для него вызове. С помощью индикаторов поискового радио вызова мобильный телефон, распределенный в одну из групп, будет осведомлен о том, когда нужно проверить, поступил ли для него вызов.

Группу каналов в нисходящем соединении, нужных для CPCH процедуры доступа, составляют: CSICH, AP-AICH и CD/CA-ICH.

5. Структура физического уровня радио интерфейса

Структура DPCH представлена на Рис.13. Каждая двух битовая пара представляет собой I/Q пару QPSK модуляции (символ). Структура состоит из последовательности радио фреймов, каждый из которых длится 10 мсек и состоит из 38400 чипов. Каждый фрейм состоит из 15 интервалов, каждый из которых длится 0.667 мсек и состоит из 2560 чипов. Структуры в нисходящем и восходящем соединении не одинаковые. DPCH в восходящем соединении творят две ветви, Выделенный физический канал данных - DPDCH (*Dedicated Physical Data Channel*), который передается по I оси, и Выделенный физический общий канал - DPCCH (*Dedicated Physical Common CHannel*), который передается по Q оси. DPDCH служит только для передачи данных. По каналу DPCCH выполняется временное уплотнение т.н. пилот битов (которые используются для оценки емкости канала и когерентного детектирования) и команд для быстрого регулирования мощности, т.н. битов TPC (*Transmit Power Control*). Уплотняются также биты Информации обратной связи - FBI (*Feedback Information*), с помощью которых достигается разнообразность передачи (transmit diversity), а также необязательные биты TFCI (*Transport Format Combination Indicator*). Точнее, каждый транспортный канал сопровождается Индикатором передаваемого формата (TFI - *Transport Format Indicator*) в каждый момент времени, когда ожидаются данные для определенного канала передачи от вышестоящих уровней. Физический уровень объединяет TFI информацию от разных транспортных каналов в Индикатор комбинаций передаваемых форматов (TFCI). TFCI передается с целью информирования приемника об активных каналах передачи для данного в тот момент фрейма. TFCI в приемнике декодируется соответствующим способом и полученный таким образом индикатор TFI представляется высшим уровням для каждого активного в соединении

Рис 14. Компоненты системы UMTS, основывающиеся на платформе CPP



канала передачи. По каждой радиосвязи может не посылаться ни один из DPDCH каналов, или может посылаться один или несколько DPDCH каналов, но только один DPCCH канал.

В нисходящем соединении DPCH состоит из уплотненных во времени каналов DPDCH и DPCCH, которые дополнительно комплексно кодированы псевдослучайным кодом. Информация пользователя (данные) уплотнена по времени вместе с пилот-битами, командами TPC и опциональными TFCI битами. Если TFCI биты не используются, посылается DTX.

6. Система UMTS Эрикссона

6.1. Платформа пакетной связи (CPP платформа)

Модуль управления радиосетью (RNC - *Radio Network Controller,* RXI – *концентратор нагрузки*), радио базовая станция и сопрягающий шлюз доступа основываются на новой платформе пакетной связи (CPP - *Connectivity Packet Platform*). Платформа чрезвычайно выгодна для сетевого оборудования с запросами коммутации до 16 Гбит/сек и скоростью потока для интерфейсов до 155 Мбит/сек.

Одной из важных характеристик платформы CPP является поддержка коммутации AAL2. AAL2 коммутация состоит из мультиплексирования / демультиплексирования AAL2 соединений, что сказывается значительной экономией ширины полосы и концентрацией соединений для передачи данных.

Функции ATM коммутации и IP маршрутизации, которые содержатся во всех перечисленных узлах, обеспечивают значительную гибкость при определении топологии сети. Система управления использует IP маршрутизацию с целью создания сети Интранет для эксплуатации и обслуживания (O&M *Intranet*), обеспечивая доступность ко всем узлам с любой радио станции или модуля управления базовыми станциями. Не требуется отдельное управление транспортными соединениями, т.к. IP и данные пользователя используют одни и те же физические соединения.

Использование совместной платформы также обеспечивает экономию при обучении персонала, обслуживании и покупке запасных частей.

Платформа использует многопроцессорную управляющую систему. Такая управляющая система использует операционную систему в реальном времени с увеличенной устойчивостью, как полагается телекоммуникационному оборудованию. Распределенная обработка данных в группах процессорных элементов (*clusters*) своеобразная защита от неисправностей аппаратных средств.

Внутренняя система передачи использует секции, которые служат для 16 Гбит/сек коммутации и удобны для Асинхронного режима передачи (ATM - *Asynchronous Transfer Mode*), Синхронного режима передачи (STM - *Synchronous Transfer Mode*) и сетевых решений, основанных на Протоколе сети Интернет. Платформа поддерживает ускоренную, с помощью аппаратных средств, коммутацию для ATM, AAL2 и IP (версии 4 и 6).

Модульность CPP облегчает создание узлов и продуктов различной конфигурации, функциональных возможностей, емкости, надежности и уровня выполнения, каждый из которых оптимизирован для определенной функции в сети.

6.2. Опорная сеть

Для реализации узлов опорной сети, что касается аппаратных средств, использовано несколько платформ, изделий компании Эрикссон.

Сервер коммутационного узла мобильной сети (MSC

Рис 15. Конфигурация RNC 3810

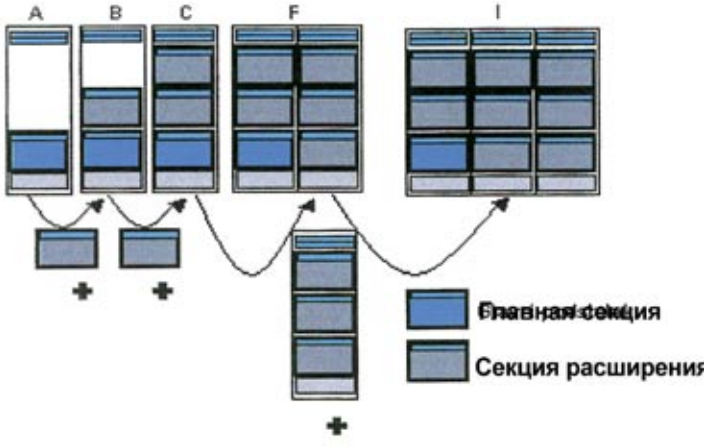


Рис 16. RNC 3810 Эрикссона

Рис 17. Серия базовых станций RBS3000 из ассортимента Эрикссона

Server - *Mobile Switching Centre Server*) основан на хорошо проверенной AXE платформе Эрикссона и использует все ее преимущества (высокая степень надежности и доступности, расширяемость, высокая процессорная емкость и малый объем занимаемого пространства). В первой ревизии системы WCDMA Эрикссона, сервер коммутационного узла мобильной сети основывается на центральных процессорах APZ 212 30 и APZ 212 33. Дальнейшей эволюцией AXE платформы предусматривается введение новых процессоров (APZ 212 40 и APZ 212 43).

Сопрягающий шлюз доступа основывается на платформе CPP Эрикссона, которая использована и как платформа для других узлов WCDMA решения Эрикссона (RNC и RBS узлы). Использование совместной платформы существенно способствует уменьшению общих расходов деятельности одной сети UMTS/WCDMA.

Узел SGSN основан на платформе пакетной радиосвязи Эрикссона (WPP - *Wireless Packet Platform*), оптимизированной для услуг, основывающихся на пакетной передаче данных.

Узел GGSN основан на платформе J20, являющейся результатом совместных разработок компаний Juniper и Ericsson, и объединяющая расширяемость и высокую емкость с запросами, типичными для приложений телекоммуникации (высокая степень надежности и доступности).

Узлы HLR, AuC и FNR также основываются на платформе AXE.

6.3. Модуль управления радиосетью RNC 3810

Модуль управления радиосетью RNC 3810 компании Эрикссон оптимизирован в отношении способности к расширяемости, а также не сложности, даже во время эксплуатации. Существует большее число конфигураций, в зависимости от требуемой емкости, нагрузки и количества базовых станций, которые должны быть подключены на отдельную конфигурацию.

Основными компонентами, из которых состоит RNC, являются главная секция (subrack) и секция для расширения. Самая малая конфигурация содержит только главную секцию. Есть возможность добавления 8 секций для расширения до максимальной конфигурации, на которую можно подключить до 750 базовых станций. Секции размещаются в одном, двух или трех кабинетах. Самая большая конфигурация занимает площадь менее 0,75 м2 (Рис. 15.).

Логическая и физическая обособленность транспортного интерфейса и интерфейса передачи данных от плоскости пользователей облегчает подключение RNC к любой опорной сети и любой конфигурации сети доступа.

Модуль управления RNC может быть оснащен интерфейсом для асинхронного режима передачи, для синхронной цифровой иерархии (SDH - *Synchronous Digital Hierarchy*) и для плезиохронной цифровой иерархии (PDH - *Plesiuochronous Digital Hierarchy*), на канализированных или не канализированных Синхронных Транспортных Модулях STM -1 и E1. Подобным образом, без проблем вводится и передача с более высокими скоростями, а также подключение к сети IP, когда это потребуется на рынке.

RNC в сети UTRAN служит для выполнения следующих функций:

- Управления носителями радио доступа для передачи данных пользователя
- Управления и оптимизации ресурсов радиосети

• Управления мобильностью
• Обслуживания радио связей.

Самые важные характеристики RNC 3810 (Рис.16.):
• Эффективность

RNC поддерживает несколько различных типов ATM интерфейсов. Может действовать как концентратор нагрузки, и как ATM коммутатор, а также поддерживает соединения из конца в конец (*point-to-point*). RNC 3810 минимизирует интерференцию в радио интерфейсе с помощью передовых алгоритмов для регулирования мощности, доступа, перегрузки и контроля качества.

• Высокая надежность и готовность

RNC 3810 в целом отличается высокой избыточностью аппаратных средств. Компоненты аппаратных средств могут быть заменены или добавлены, а наращивание программных средств выполняется без остановки системы.

• Гибкость

RNC 3810 обладает модульной архитектурой. Модуль RNC 3810 конструирован с целью упрощения введения новой технологии, подобно IP, новых пакетов изделий, или новых аппаратных средств, а также новых функций радио и передачи.

• Быстрая установка

Модуль RNC 3810 поставляется предварительно испытанный и конфигурированный.

• Малые размеры

RNC 3810 занимает очень мало места, доступ к компонентам осуществляется только с передней стороны, что во многом облегчает процесс установки и уменьшает требуемое для установки пространство.

Модуль RNC 3810 выполнен полностью из изделий, основывающихся на CPP, например, для расчета, интерфейсов передачи и ATM средств коммутации. CPP также содержит операционную систему в реальном времени, которая охватывает поддержку многопроцессорной иерархии и решения для управления избыточными частями.

6.4. Серия RBS 3000

Серия базовых станций компании Эрикссон ответ на все запросы, связанные с емкостью и охватом. Обеспечивает операторам возможность оптимизации инвестиций в радио ресурсы и реализацию. Эрикссон обеспечивает поддержку любого решения, на любом местоположении, для различных стратегий построения системы (Рис.17.). Решения Эрикссона содержат следующее:

• Поддержку для оптимальной комбинации охвата и/или числа жителей

• Поддержку для решений разных запросов в отношении емкости, в городских, пригородных и сельских местностях, поставляемых в расширяемых и гибких конфигурациях

• Поддержку для особо сложного местоположения и окружающей среды с обеспечением полного охвата местности (*fill-in coverage*), или для местоположения, требующего очень малый кабинет

• Поддержку эффективных решений для разрывов в охвате и внутренних решений.

Рис 18. Коммерчески доступные в Европе мобильные телефоны для WCDMA (оператор 3)

RBS 3202

RBS 3202 – базовая станция, которая размещается в помещении (*Indoor*), а предназначена для местностей, требующих большую емкость и большой охват, с возможностью расширенного макро охвата. Емкость расширяется добавлением новых секторов, несущих (частот) и канальных элементов. RBS3202 обеспечивает макро охват одной, двумя или тремя секторами, содержит опцию интегрированного транспортного концентратора (*Hub*) и предлагает возможность многократной передачи.

RBS 3101

RBS 3101 – кабинет для установки вне помещения (*Outdoor*), устойчивый на неблагоприятные внешние условия. Обладает большой емкостью и большим охватом, с возможностью расширенного макро охвата. Емкость расширяется добавлением новых секторов, несущих (частот) и канальных элементов. RBS 3101 содержит интегрированное электропитание с опциональными батареями, пространством для размещения оборудования передачи и оборудованием для создания внутреннего микро климата для всех встроенных компонентов.

RBS3101 обеспечивает макро охват одной, двумя или тремя секторами, содержит опцию интегрированного транспортного центра и предлагает возможность многократной передачи. Охлаждение базовой станции RBS3101 выполняется следующим образом. В базовую станцию не поступает внешний воздух (*enclosed forced convection - закрытая принудительная конвекция*), это ее предохраняет от пыли, что значит меньше обслуживания, т.к. нет необходимости в замене фильтра.

RBS 3203/3103/ Compact makro

Макро компактные базовые станции RBS3203/3103 отличаются малыми размерами. Они очень рентабельные и конструированы для быстрого интегрирования. Обеспечивают макро охват с помощью ресурсов средней или малой емкости. Емкость также можно наращивать. RBS3203/3103 обеспечивает макро охват одной, двумя или тремя секторами, содержит опцию интегрированного транспортного центра и обеспечивает возможность многократной передачи.

RBS 3303

RBS 3303 – микро базовая станция минимального объема, которая устанавливается на стене или на столбе. Характеризуется минимальным потреблением энергии, и несложно устанавливается. Обеспечивает микро охват с помощью одного сектора или всеобщей (omni) ячейки, что особенно выгодно для внутренних решений, а также для иерархической сотовой структуры (HCS - *Hierarchical Cell Structures*).

RBS 3104

RBS 3104 – сверхкомпактная базовая станция малого объема и малых размеров. Со средним потреблением энергии и легко устанавливается. Обеспечивает средний охват с помощью одного сектора/ячейки или всеобщей (*omni*) локации, что особенно приемлемо для внутреннего охвата (распределенные антенные системы, DAS) и оптимально для структуры HCS.

RBS 3402/3501 main-remote концепт

Концепт главный – удаленный (*main-remote*) традиционный кабинет RBS разделяет на две отдельные группы аппаратных средств. Радио часть, отдельно для каждого сектора, размещена в дистанционном радио модуле (RRU - *Remote Radio Unit*), находящемся вблизи антенны. Остальные части базовой станции (управляющая часть, основная полоса, коммутация и части для lub интерфейса – интерфейс между базовой станцией и модулем управления базовыми станциями) содержатся в главном модуле (*Main Unit*). Части подключены оптическим кабелем, т.е. не требуются толстые питающие кабели (*feeders*) и управление системой антенн (ASC - *Antenna System Controller*).

RBS 3402 – базовая станция, предназначенная для макро охвата с помощью одной, двух или трех секторов (один главный компонент и 1, 2 или 3 RRU). Так как дистанционные радио модули размещены вблизи антенны, нет потерь в питающих кабелях. Потери в питающем кабеле больше не являются ограничением при принятии решения о размещении антенны, что позволяет оператору сосредоточить внимание на оптимизацию радио параметров.

Благодаря отсутствию потерь в питающем кабеле, выходящую мощность базовой станции RBS3402 можно уменьшить в отношении на традиционную макро радио станцию, с сохранением макро охвата. Поэтому аппаратные средства базовой станции меньших размеров более легкие и более тихие, с меньшим потреблением энергии и уменьшенной потребностью охлаждения. Таким образом, RBS3402 предлагает новые возможности для местоположений с пространственными ограничениями - доступ местоположению, электропитание и охлаждение.

6.5. Мобильные телефоны UMTS

Самым большим препятствием массовому построению сетей UMTS в Европе является ограниченное количество коммерчески доступных терминалов. UMTS терминалы/телефоны в значительном количестве будут доступны на рынке в начале 2004 года.

Глобальный оператор Hutchinson, популярнее названный 3, подписал, например, привилегированный договор с поставщиками мобильных телефонов NEC и Motorola, а в данное время только они предлагают список WCDMA мобильных устройств. Речь идет, прежде всего, о моделях NEC e606 и e808, Motorola A920 и Motorola A830 (заменяется новым телефоном A835/Siemens U15). Все терминалы, кроме последнего, поддерживают видео телефонию и передачу данных со скоростью до 384 кбит/сек.

Запросы к новым телефонам очень высокие, например, требуется большой цветной экран, обозримые меню, качественная одна или две камеры, при чем одна служит для фотографирования и снятия кратких фильмов, а вторая

для видео вызовов, а особенно важным элементом является долговечность батареи. Именно эта последняя характеристика является самым большим вызовом производителям телефонов. Это также и одна из самых важных причин отсутствия массового предложения UMTS телефонов на рынке.

7. Вывод

С введением систем третьей генерации 3G перед операторами открылась возможность предложения оконечным пользователям множества новых услуг. Технология, на которой основываются системы 3G, непрерывно развивается, что доказывает и недавний коммерческий старт новых сетей в Европе и во всем мире. Более значительное возрастание числа абонентов ожидается с развитием еще лучших и еще более привлекательных услуг, основывающихся на пакетной передаче данных. Также, в положительном смысле, повлияет и появление на рынке новых качественных терминалов, которые обеспечат оконечному пользователю, кроме речевой связи, использование возможностей видео телефонии, »серфинг« по Интернет, и т.д., со скоростью значительно превышающей скорости мобильных предыдущих систем.

К общему удовольствию всех участников в мире мобильных телекоммуникаций, дальнейшее развитие мобильных систем будет продолжаться в направлении мультимедийной коммуникации, базирующейся на Протоколе Интернет и еще больших скоростях передачи данных.

Литература:

[1] Jaana Laiho, Achim Wacker, Tomaš Novosad: Radio Network Planning and Optimisation for UMTS

[2] Harri Holma, Antti Toskala: WCDMA for UMTS

[3] 3GPP Specifications

[4] Внутренние документы компании Эрикссон

[5] Lars-Örjan Kling, Ĺke Lindholm, Lars Marklund and Gunnar B. Nilsson: CPP – Cello packet platform, Ericcson Review, 2002

[6] Bengt Gestner and Bengt Persson: RNC3810 – Ericsson's first WCDMA radio network controller, Ericcson Review, 2002

АДРЕС АВТОРА:
Nataša Malić
e-mail: natasa.malic@ericsson.com
Ericsson Nikola Tesla d.d.
Krapinska 45
p.p. 93
HR-10002 Zagreb
Хорватия

Редакция приняла рукопись 15 октября 2003.
Перевод: Надежда Племенчич