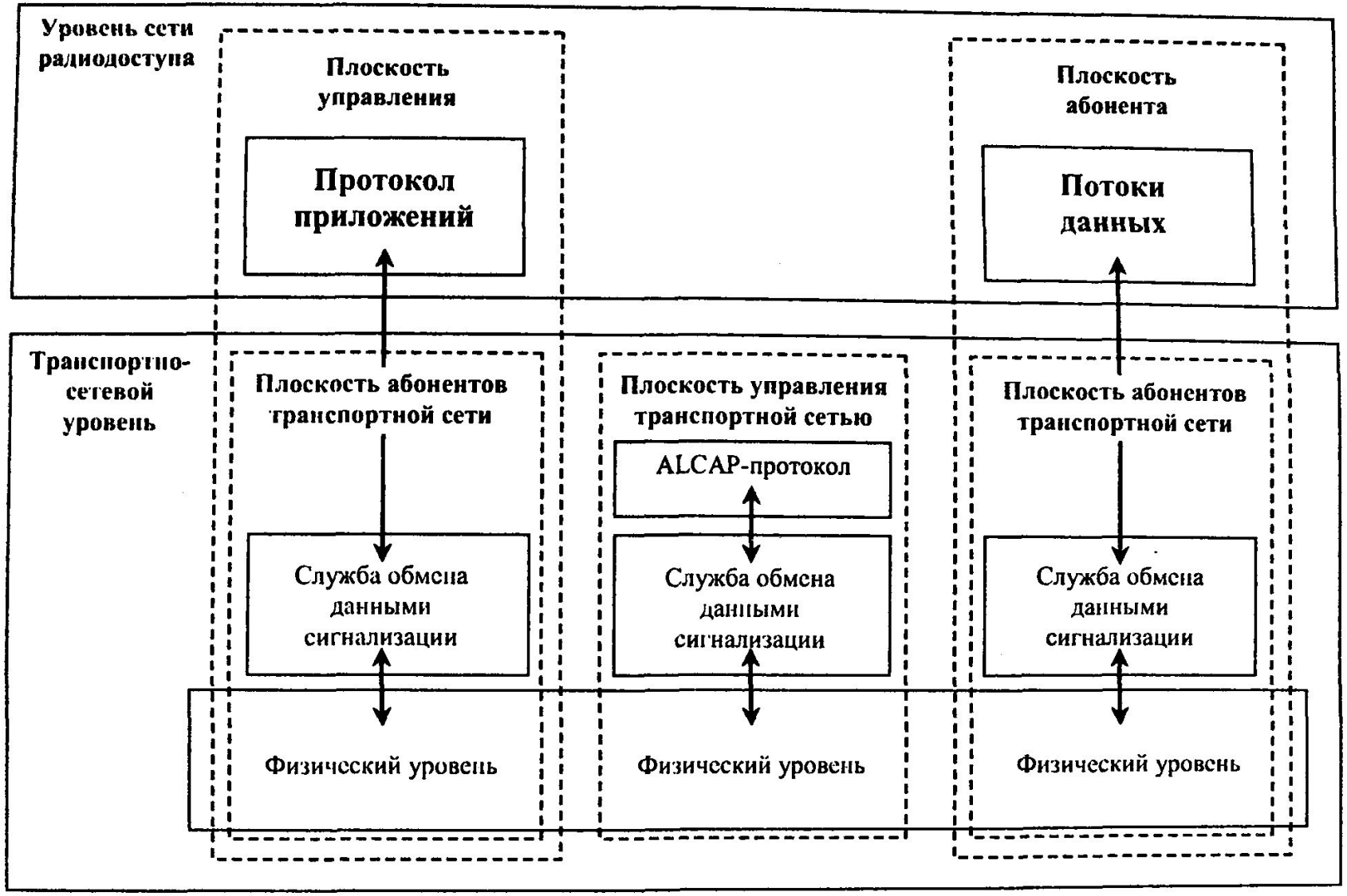
Идеология управления сетью в UMTS

Система управления и обслуживания O&M (Operations and Maintenance) сетью UMTS (рис. 6.2) в качестве основного модуля содержит модуль управления сетью радиодоступа UTRAN, который взаимодействует по специальным внутрисетевым интерфейсам как с контроллерами радиосети, так и с базовыми станциями.

В функции модуля управления сетью радиодоступа UTRAN входит:

- контроль состояния сетевых элементов сети UTRAN и связей между ними;
- мониторинг ошибок при передаче данных между абонентским терминалом и базовой сетью;
- динамическая реконфигурация сети радиодоступа UTRA (перераспределение сетевых ресурсов при обнаружении отказов) и др. Функциональные возможности и управляющие функции сети UMTS определяют виды используемых в ней каналов и их внутреннюю организацию.

Обобщенная модель взаимодействия протоколов сети UTRA



Взаимодействие различных подсистем UMTS в вертикальных плоскостях (Plane) осуществляется на основе сетевых протоколов, а на горизонтальных уровнях (Layer) – на основе как протоколов, так и интерфейсов. При разработке модели UMTS был соблюден принцип логической независимости различных уровней и плоскостей управления, позволяющий изменять структуру одних протоколов без изменения других.

Плоскость управления включает соответствующий каждому интерфейсу прикладной протокол (RANAP в Iu, RNSAP в Iur и NBAP в Iub) и канал сигнализации для передачи сообщений этого прикладного протокола.

В плоскости пользователя циркулирует вся информация, передаваемая и принимаемая абонентом сети (кодированная речь, пакеты данных и др.). Плоскость пользователя включает в себя потоки и каналы данных.

В плоскости управления транспортной сетью осуществляется управление сигнализацией на транспортном уровне. Данная плоскость содержит протокол ALCAP, отвечающий за организацию транспортных каналов и выполняет роль среды взаимодействия между плоскостью пользователя и плоскостью управления, обеспечив независимость от технологии, выбранной для канала данных.

Плоскости абонента транспортной сети принадлежат каналы пересылки данных в плоскости абонента и каналы сигнализации для прикладного протокола, управляемые упомянутой выше плоскостью управления транспортной сетью.

Управление «по вертикали»

Протоколы уровня сети радиодоступа обеспечивают обмен служебными данными между абонентским терминалом и базовой сетью сети UMTS.

Протоколы транспортно-сетевого уровня отвечают за обмен данными для всех подсистем сети UMTS при взаимодействии со всеми тремя уровнями. Задачи, относящиеся к сети UTRAN, решаются на уровне сети радиодоступа, а транспортно-сетевой уровень обеспечивает стандартную технологию транспортировки данных в сети UTRAN и в базовой сети CN. Выделяют также *протоколы системно-сетевого уровня*, обслуживающие подсистемы сети UMTS, включая элементы транзитной сети внутри базовой сети [4]. Они обеспечивают обмен служебными данными и управление соединениями внутри UMTS.

Протоколы физического уровня отвечают за сетевые процессы, связанные с передачей и обработкой сигналов.

Управление «по горизонтали»

Плоскость управления. Плоскость управления используется в приложениях, отвечающих за решение задач сигнализации и управления в сети UTRA. Данная плоскость включает три *протокола приложений* (RANAP в интерфейсе Iu, RNSAP в Iur и NBAP в Iub) и службу обмена данными сигнализации для транспортировки сообщений протокола приложений.

Протоколы приложений используются для поддержки служб обмена данными (в частности, служб обмена данными радиодоступа в интерфейсе Iu и радиолиний в интерфейсах Iur и Iub). Параметры службы обмена данными протокола приложений не связаны с технологиями обмена данными в плоскости абонента непосредственно, а являются общими для служб обмена данными сети. Протоколы плоскости управления в различных подсистемах UMTS взаимодействуют друг с другом и обеспечивают всеобъемлющий контроль ресурсов и служб сети.

Плоскость абонента. Передаваемая и получаемая конечным пользователем информация, будь то цифровая речь или IP-пакеты, пересылаются в плоскости абонента. Последняя включает потоки данных и данные службы обмена. Каждый передаваемый поток данных в плоскости абонента характеризуется одним или несколькими протоколами, определенными для конкретного интерфейса сети.

Плоскость управления транспортной сети на транспортно-сетевом уровне отвечает за процедуры сигнализации, управления и взаимодействия между плоскостью управления и плоскостью абонента. В ней не передается информация, используемая на уровне сети радиодоступа. Плоскость управления транспортной сети включает протокол ALCAP, необходимый для организации службы обмена данными, транспортировки данных и сигнализации в плоскости абонента. Наличие плоскости управления транспортной сети позволило обеспечить независимость протокола приложений в плоскости управления сети радиодоступа от технологии пересылки данных, применяемой в плоскости абонента.

Плоскость абонентов транспортной сети. Порядок функционирования служб обмена данными в сети UMTS следующий. Сначала выполняется процедура сигнализации в плоскости управления с использованием протокола приложений, а затем – пересылка данных с использованием служб обмена данными по протоколу ALCAP в плоскость абонента. Служба передачи данных и служба сигнализации находятся в плоскости абонента транспортной сети и непосредственно (в реальном времени) контролируются плоскостью управления транспортной сети.

Управление радиоресурсами в сети UMTS

Основная задача сети радиодоступа UTRAN – управление радиоресурсами сети UMTS. К основным функциям, связанным с управлением радиоресурсом в сети UTRA, относятся [2]:

- управление загрузкой и контроль загруженности сот;
- управление доступом в сеть, регулирование приоритетности и очередности соединений;
- выделение кодов для установления новых соединений по радиоинтерфейсу (при поступлении запроса);
- мониторинг состояния радиоинтерфейса.

Эти функции, в свою очередь, распадаются на целый ряд задач, к которым, в первую очередь, относятся:

- организация широковещательной передачи системной информации и поисковых сообщений;
- установление, поддержка и высвобождение соединений между АС и сетью UTRA;
- обеспечение выбора соты и мобильности соединений;
- поддержка функций переадресации между обслуживающими контроллерами;
- управление транспортными и физическими каналами;
- управление мощностью излучения;
- реализация механизмов безопасности (функций шифрования и обеспечения целостности).

Ключевые принципы, используемые при решении перечисленных системных задач, состоят в следующем:

- в использовании многоуровневой системы управления терминальным и базовым оборудованием (сетевым и радио), что позволяет разделять циркулирующие потоки информации на логические, транспортные и физические;
- во введении служб обмена данными сети радиодоступа и базовой сети в качестве основного средства взаимодействия уровней управления как внутри сети, так и для межсетевого обмена.

В UMTS функции управления реализуются посредством четырех базовых интерфейсов. Это уже упоминавшиеся радиоинтерфейс Uu (интерфейс между абонентскими и базовыми станциями), интерфейс Iu (между контроллерами RNC и базовой сетью), Iub (между контроллерами и базовыми станциями), а также Iur – между самими контроллерами.

С помощью интерфейса Iu несколько подсистем радиодоступа RNS, объединенных в сеть радиодоступа UTRAN, соединяются с базовой сетью. Этот интерфейс предоставляет возможность логического выбора в базовой сети домена с коммутацией каналов (CS-домена) или домена с коммутацией пакетов (PS-домена) на основе разделения на интерфейсы:

Iu-CS – интерфейс для потока данных с коммутацией каналов на базе транспортных протоколов ATM (Asynchronous Transfer Mode);

Iu-PS – интерфейс для потока данных с коммутацией пакетов на базе транспортных протоколов IP.

С помощью логического интерфейса Iub контроллеры управляют базовыми станциями. Кроме того, контроллеры RNC соединены друг с другом логическим интерфейсом Iur, который реализуется их непосредственным соединением или же соединением с использованием любой другой транспортной сети. При наличии такого соединения можно обеспечить мягкий хэндовер (см. раздел 6.4) при переходе абонентского терминала из зоны ответственности одного RNC в зону другого, а также реализовать прием в режиме макроразнесения двумя БС, соединенными с разными контроллерами.

По радиоинтерфейсу Uu в сети UMTS производится обмен данными и служебной информацией между абонентским оборудованием и базовыми станциями (Node). Образуя радиоканалы, базовые станции типовой конфигурации могут обслуживать до шести секторов с предоставлением до трех несущих на один сектор [2]. В их функции входит:

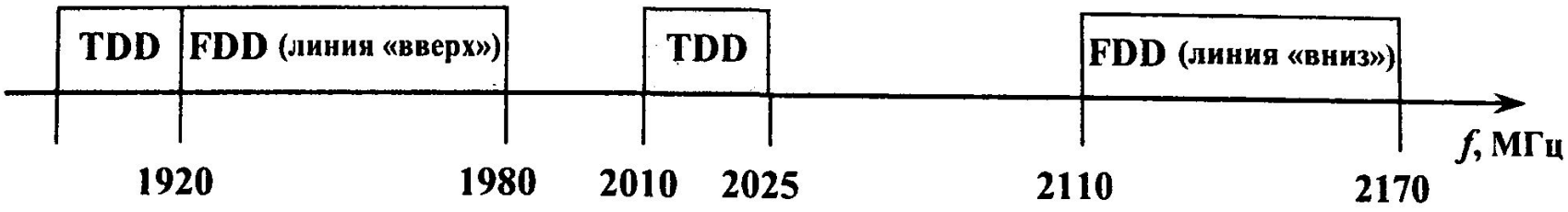
- обработка сигналов на физическом уровне: выравнивание скоростей потоков данных, канальное кодирование, перемежение, расширение спектра сигнала и др.;
- контроль мощности и некоторые задачи по управлению радиоресурсами.

В радиоинтерфейсе UTRAN стандартизированы две различные технологии радиодоступа: W-CDMA (UTRA FDD) и TD-CDMA (UTRA TDD), поддерживаемые архитектурой, показанной на рис. 6.2.

1. UTRAN FDD (Frequency Division Duplex). В этом режиме в uplink и в downlink используются разные несущие частоты, что требует наличия парных полос частот. Эта технология, находящаяся в эксплуатации, носит название

   WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access). Она предусматривает передачу на одной частоте одновременно нескольких потоков данных, разделяемых за счет использования различных кодовых последовательностей расширения спектра сигналов.
2. UTRAN TDD (Time Division Duplex). В этом режиме в uplink и в downlink используется одна и та же несущая частота в разные интервалы времени. Таким образом, в использовании парной полосы необходимости нет. Технология доступа в этом случае представляет собой комбинацию TDMA и CDMA и обозначается как TD/CDMA. При этом передаваемые одновременно данные разделяются как по коду, так и по временной структуре, т.к. разным пользователям для передачи выделяются различные временные слоты (подробнее о режимах FDD и TDD см. в разделе 6.5). Корневые полосы, изначально выделенные для каждого из двух упомянутых режимов UTRAN для регионов 1 и 3 (Европа и Азия), показаны на рис. 6.5.

Частотные полосы UTRA UMTS для режимов FDD и TDD



Появление этих двух технологий радиодоступа, FDD и TDD, привело в итоге к разработке оборудования, способного поддерживать оба режима, обеспечивать их взаимодействие и использовать различные принципы управления радиочастотным ресурсом.

За управление радиоресурсом UTRA, выделенным БС (Node B), отвечают контроллеры радиосети RNC. Это основные функциональные узлы UMTS, которые отвечают за процедуры управления радиоинтерфейсом (за исключением отдельных процессов MAC-уровня, связанных с передачей и приёмом сигналов в БС).

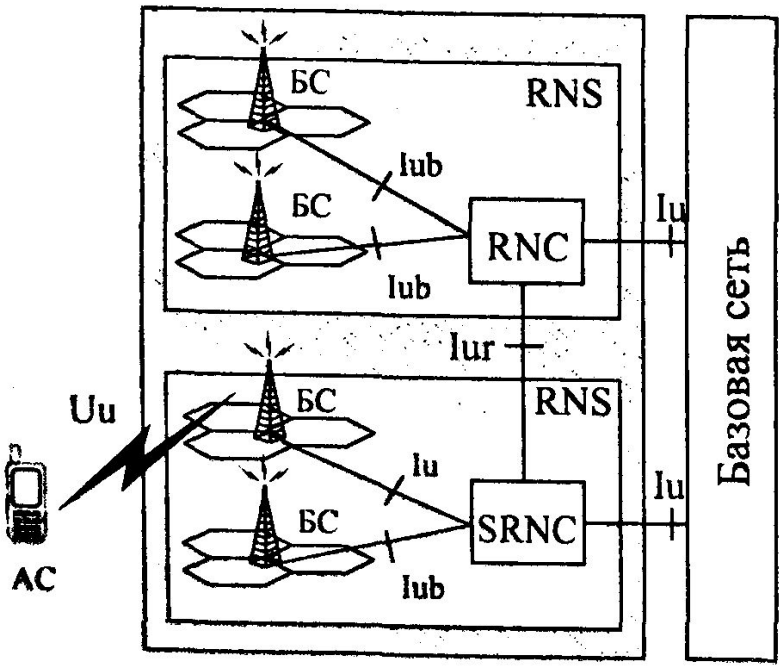
Контроллер радиосети RNC взаимодействует с базовой сетью посредством Iu-интерфейса, устанавливая, поддерживая и разрывая с АС соединения, необходимые для обеспечения доступа пользователя к той или иной услуге UMTS. Кроме того, как показано на рис. 6.2, RNC может также взаимодействовать с т.н. подсистемой базовых станций (BSS), которая образует GERAN (сеть радиодоступа GSM/EDGE) посредством Iur-g – интерфейса. Это взаимодействие позволило реализовать т.н. совместные алгоритмы управления радиоресурсом (Common Radio Resource Management) между системами UMTS и GSM/GPRS.

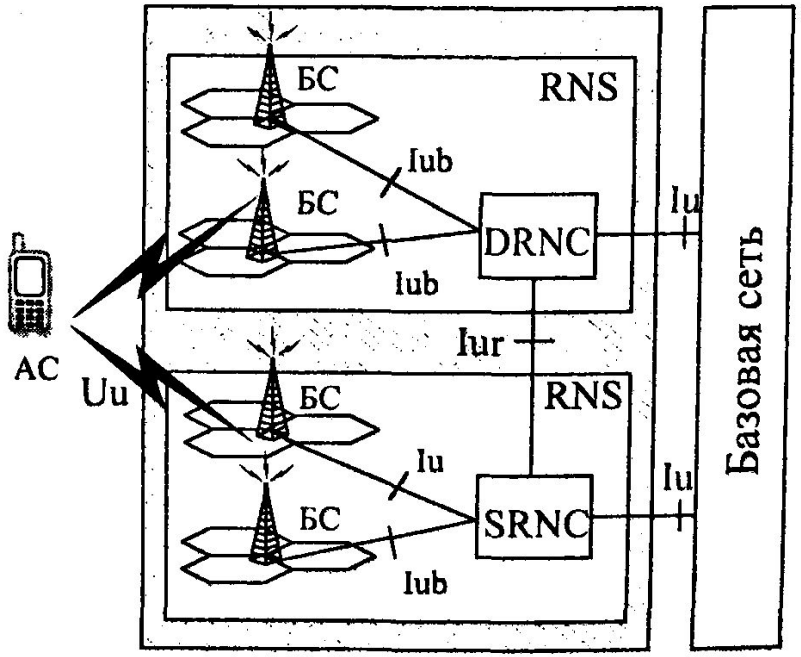
С функциональной точки зрения на RNC возложены следующие логические функции [2]:

1. *Управляющий контроллер радиосети* – CRNC (Controlling RNC). В этой роли RNC выполняет управляющие функции по отношению к группе базовых станций (Nodes B).
2. *Сервисный контроллер радиосети* – SRNC (Serving RNC). В данном случае RNC берет на себя функции по управлению абонентскими станциями.

SRNC – это RNC, который поддерживает соединение данной АС с базовой сетью посредством Iu-интерфейса таким образом, что может рассматриваться как RNC, управляющий другими RNC, к которым мобильные станции подключены в данный момент. Сеть радиодоступа UTRAN обеспечивает мягкий хэндовер через две или более базовые станции. Когда АС перемещается в пределах сети и осуществляется хэндовер между различными сотами, это может потребовать от SRNS (Serving RNS, или подсистемы радиодоступа, содержащей SRNC) выполнения процедуры передачи обслуживания – в случае, если новая сота управляется другим RNC. Эта процедура требует передачи информации между SRNC и новым RNC по Iur-интерфейсу с той целью, чтобы указать новому RNC на необходимость установления нового соединения с базовой сетью (посредством Iu-интерфейса).

Функции сетевых контроллеров





Эволюция инфраструктуры и архитектура и принципы функционировани я сетей UMTS

В спецификации Release'99 в качестве основного механизма транспортировки данных между элементами сети радиодоступа UTRA использовалась технология ATM. Однако, если в CS-домене базовой сети использовались линии передачи данных со скоростью 64 кбит/с, то в PS-домене передача данных осуществлялась с помощью IP-технологий по т.н. протоколу GTP (GPRS Tunnelling Protocol) [2]. На последующих этапах развития архитектура UMTS все более основывалась на IP-технологии транспортировки данных в UTRAN.

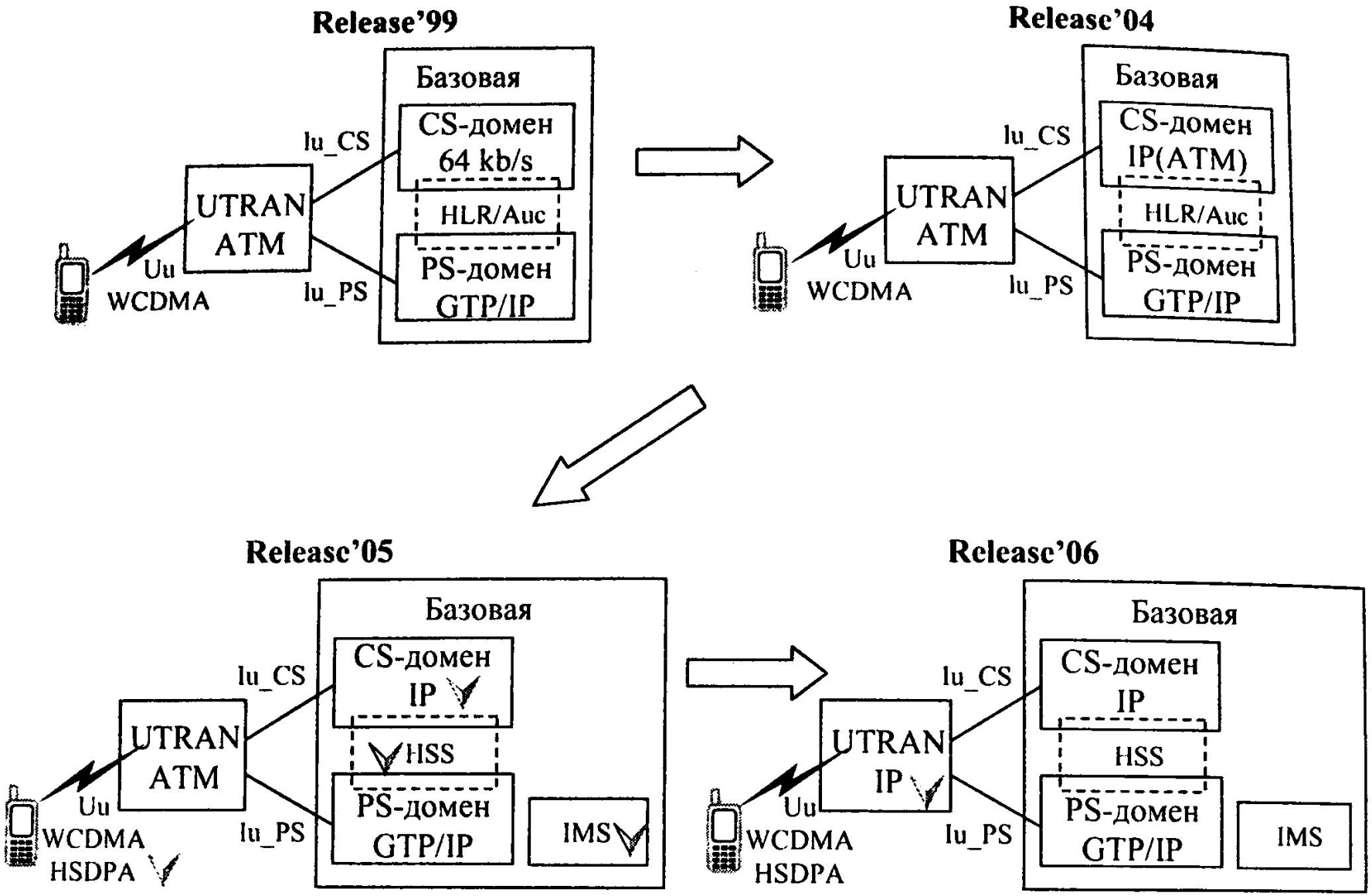
Первым шагом эволюции UMTS в направлении к IP-сетям стал Release'04, где CS-домен базовой сети переведен на магистральные линии на базе IP или IP/ATM. Передача данных, связанная с обеспечением голосовых услуг по магистральным IP- линиям, имела следствием глобальные перемены, связанные с возникновением т.н. *voice over IP*-технологии. Модификация базовой сети повлекла за собой эволюцию двух других компонентов MSC, а именно MSC-сервера, осуществляющего контроль доступа и отслеживание местоположения АС на уровне сигнализации, и MGW (Media Gateway function) – на уровне управления абонентскими потоками данных.

В Release'05 был сделан окончательный шаг в переводе базовой сети на IP-технологию за счет исключения использования ATM в CS-домене. Предоставление мультимедийных услуг в реальном времени в новой архитектуре обеспечивалось введением в состав базовой сети нового домена – т.н. мультимедийной подсистемы: IP Multimedia Subsystem (IMS). Последняя имеет интерфейс с GGSN и MGW и использует SIP-протокол (Session Initiation Protocol) как средство установления мультимедийных сессий между пользователями с полной поддержкой мобильности и переадресации звонков [2].

Другим изменением, привнесенным спецификацией Release'05 в базовую сеть UMTS, стало интегрирование функций домашнего регистра HLR и центра аутентификации абонентов AuC в т.н. домашнем сервере пользователей – Home Subscriber Server (HSS).

Конечной целью перевода UMTS на IP-архитектуру является внедрение IP-технологий передачи данных не только в пределах базовой сети, но и собственно в радиоинтерфейс, что предполагается осуществить в рамках Release'06. Этот шаг призван облегчить интегрирование различных радиотехнологий, функционирующих на основе магистральных линий и построенных по единой технологии [2]. Тем самым станет возможным создание и развертывание гетерогенных сетей, которые объединят технологии UTRAN и GERAN с другими технологиями беспроводного доступа, например WLAN.

Эволюция UMTS



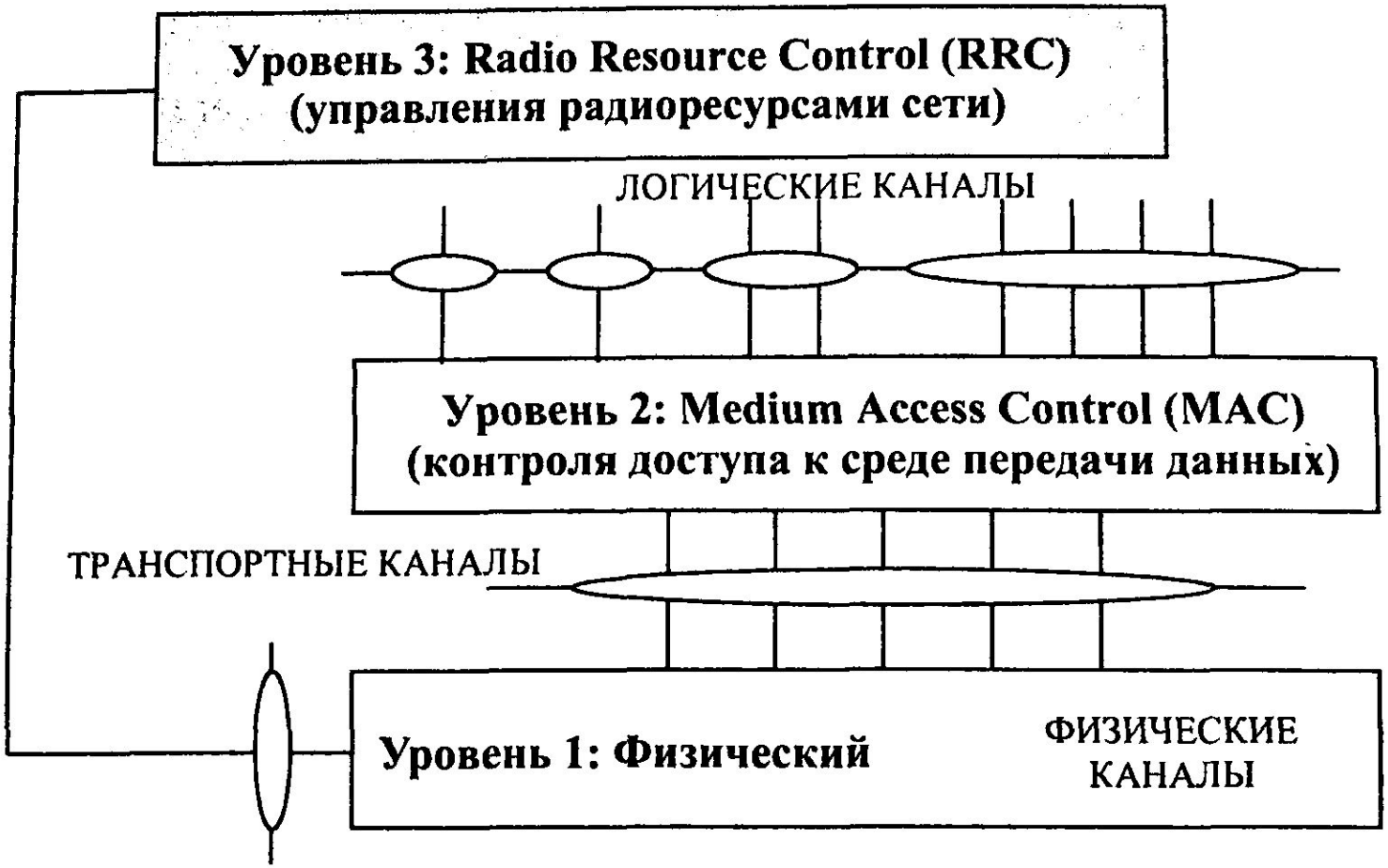
Принципы организации каналов в системе UMTS

В спецификации UMTS используется трехуровневая организация каналов, в которой выделяются *логические* каналы (logical channels), *транспортные* каналы, TCH (transport) и *физические*, PCH (physical) [1].

В целом понятие «логический канал» относится к уровням выше физического и отражает содержание сведений, предназначенных для передачи (информационные сообщения или команды управления). Понятие «транспортный канал» относится к способу и формату данных, передаваемых далее по физическим каналам. Наконец, под физическим каналом подразумевается канал передачи данных посредством радиоинтерфейса W-CDMA. Специфические частота и код расширения спектра, обеспечивающие соединение между БС и МС, формируют некоторый конкретный физический канал. Код расширения спектра сигнала позволяет различать данный канал среди других физических каналов.

Таким образом, логические каналы характеризуют содержание, структуру и вид передаваемой информации, транспортные каналы – направления и точки, в которые пересылаются данные логических каналов, а физические – радиоинтерфейс, по которому осуществляется передача сигналов между абонентским оборудованием и базовыми станциями сети радиодоступа UTRAN.

Взаимодействие каналов разных уровней в сети UMTS



При передаче данных в линиях «вверх» и «вниз», к тому же различающихся объемом, абонентский терминал и сеть радиодоступа UTRAN выполняют разные задачи. Соответственно структуры логических, транспортных и физических каналов в каждом из направлений различаются. И физические, и транспортные каналы UMTS подразделяются на выделенные (dedicated) и общие (common).

Ресурс общих каналов, в отличие от выделенных, находится в распоряжении всех МС одновременно. Выделенные транспортные каналы, по одному на каждого пользователя, содержат сигналы управления и данные обмена между пользователем и сетью, в то время как общие транспортные каналы предназначены для передачи сигналов вызова, системной информации, данных о конфигурации сети, параметрах соты и др. Принцип классификации физических каналов на общие и выделенные иной. Выделенным называют канал, используемый абонентским терминалом на монопольной основе, а главный отличительный признак общего физического канала состоит в том, что его ресурс находится в распоряжении всех абонентов, находящихся в пределах обслуживаемой соты. Таким образом, данный абонентский терминал может работать с выделенным физическим каналом, общим физическим каналом или с обоими одновременно.

По транспортным каналам пересылаются потоки информации, прошедшие через интерфейс Uu. Структурируемая в транспортных каналах, эта информация отображается на физические каналы, по которым может затем передаваться в обоих направлениях. Физическим элементом, преобразующим информационные потоки с уровня транспортных каналов на уровень физических каналов и обратно, является базовая станция.

Физические каналы UMTS могут иметь различные значения ширины полосы радиоканалов, выделенных для решения сетевых задач, и фактически образуют радиоинтерфейс Uu сопряжения между абонентскими терминалами и подсистемой радиодоступа сети RNS. Следует отметить отличие структуры физических каналов UMTS и характера их использования от аналогичных особенностей в стандарте GSM, где каналы имеют заранее определенную структуру и опознаются контроллером базовой станции BSC. В сети UMTS физические каналы создаются интерфейсом Uu и их структура часто неизвестна контроллеру базовой станции RNC. Поэтому вместо физических каналов контроллер опознает транспортные каналы [1].

В общем случае взаимные соответствия между физическими и транспортными каналами достаточно сложны. Сообщение, представленное на транспортном уровне одним выделенным каналом, на физическом уровне может отображаться на два выделенных канала – канал данных DPDCH (dedicated physical data channel) и канал управления DPCCH (dedicated physical control channel).

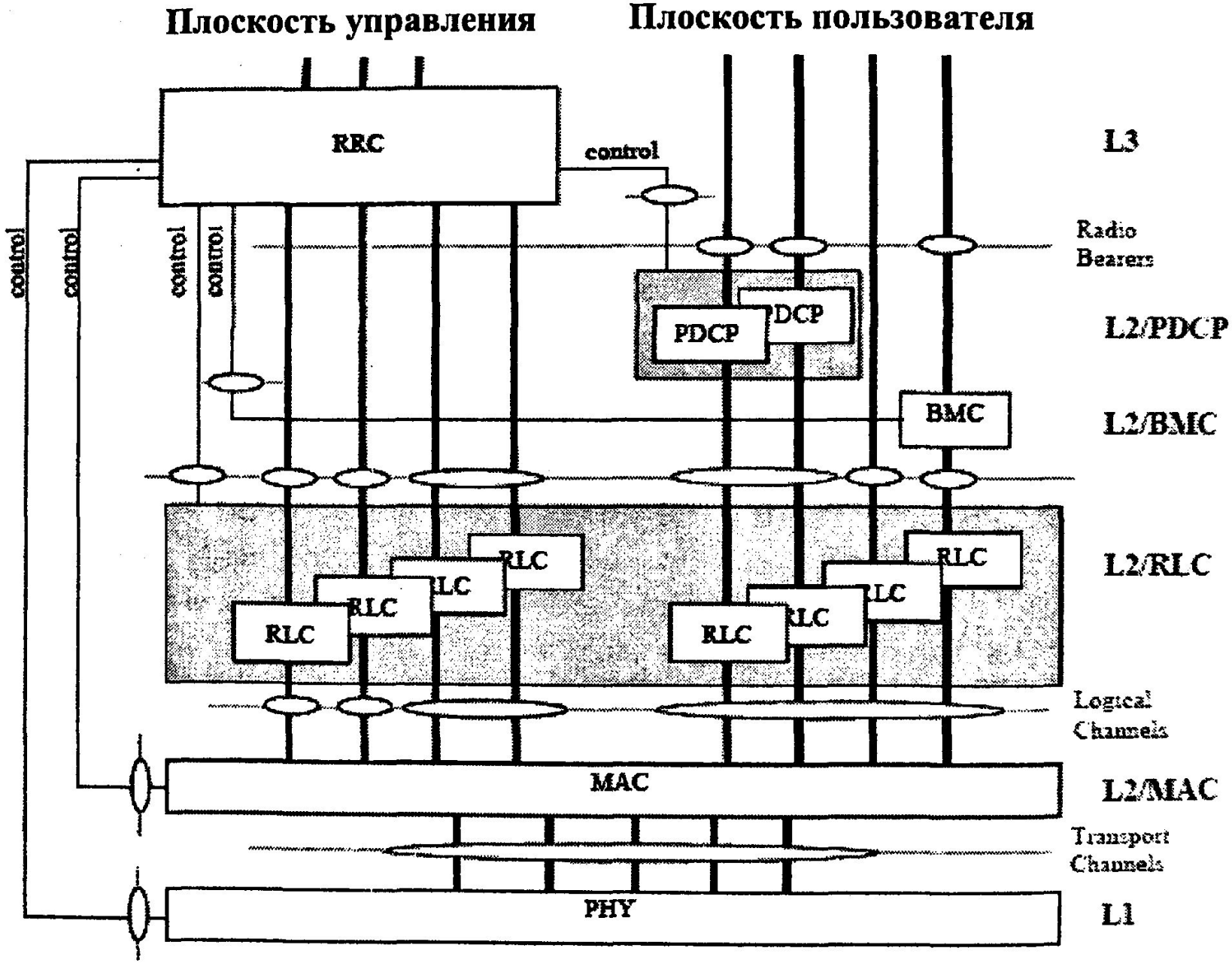
Архитектура и основные функции протоколов сети UMTS

Архитектура протоколов сети UTRAN в соответствии с рис. 6.8 также является трехуровневой и включает: физический (L1), канальный (L2) и сетевой (L3) уровни.

Канальный уровень L2 в свою очередь подразделяется на подуровни. Так, плоскость управления L2 содержит протоколы уровня управления доступом к среде (MAC) и протоколы управления радиоканалом (RLC). В плоскости пользователя дополнительно к MAC и RLC имеются два подуровня протоколов, используемых в зависимости от вида предоставляемых услуг: протокол PDCP (сходимости пакетных данных) и т.н. протокол управления широковещательной/многоадресной передачей BMC (рис. 6.9) [7]. Овалами на рис. 6.9 очерчены т.н. сервисные точки доступа – Service Access Points.

Все протоколы уровня L3 и подуровня L2/RLC также принадлежат плоскости управления или плоскости пользователя. В первой содержится несколько сетевых подуровней, самый нижний из которых отвечает за управление радиоресурсами (функция RRC – Radio Resource Control). Уровень L2 служит транспортной средой между верхними уровнями и физическим. Он обеспечивает механизмы управления сетевыми ресурсами и поддержку протоколов с учетом различных требований по достоверности передаваемых данных, качеству обслуживания и времени ожидания. Подуровень L2/RLC отвечает за организацию логических каналов между объектами сетевого уровня.

Архитектура протоколов UMTS UTRA



Уровень L2/MAC является сервисным по отношению к L2/RLC, будучи связан с ним посредством логических каналов, отвечает за доставку показателей качества услуг, запрашиваемых обслуживаемыми объектами, и за распределение ресурсов сети, минимизирующих вероятность возникновения конфликтов. К числу основных задач, решаемых на уровне L2/MAC, относятся [8,9]:

- выбор необходимого для каждого транспортного канала транспортного формата (TF) в зависимости от скорости источника сообщения. В процессе отображения данных в транспортные каналы и выбора транспортных форматов их сообщениям могут присваиваться различные категории срочности (приоритета), которые зависят от вида услуг и требований по допустимым задержкам. Услуги с ограничениями по задержке могут использовать схему резервирования пропускной способности для обеспечения гарантированного QoS:
- идентификация абонентских терминалов в общих транспортных каналах;
- мультиплексирование/демультиплексирование данных на физическом уровне подразумевает использование одного каналообразующего кода одной АС для реализации нескольких различных услуг. При передаче пакетных данных по линии «вниз» с выделением постоянного каналообразующего ортогонального кода каждому пользователю может возникнуть дефицит кодов. Для его преодоления организуется транспортный канал DSCH, где несколько АС совместно используют одинаковый каналообразующий код. При этом допускается уплотнение услуг с одними и теми же параметрами QoS.

- контроль объема трафика. MAC-протокол сравнивает объем данных, передаваемых транспортным каналом, с установленным пределом, и о результате сообщает в RRC, где при необходимости инициируется процедура реконфигурации широкополосного радиоканала и/или транспортного канала;
- коммутация между общими и выделенными транспортными каналами (решение о коммутации принимается в RRC);
- выбор класса обслуживания. Ресурсы (временные слоты и сигнатуры преамбулы для режима FDD) разделяются между различными классами обслуживания с целью обеспечения различных приоритетов использования канала;
- шифрование.

На сетевом подуровне RRC обеспечивается управление ресурсами сети, т.е. установление, реконфигурирование и завершение соединений в каналах доступа и сигнализации с учетом перемещения АС. При этом реализуются два режима управления. Первый обеспечивает обработку широковещательной информации, не связанной с предоставлением доступа конкретным АС. Второй режим обслуживает соединения с конкретными АС и обработку информационных потоков, которые по этим соединениям передаются.

Физический уровень L1 предоставляет услуги уровню L2/MAC посредством транспортных каналов, устанавливающих, каким образом и с какими параметрами будут передаваться данные. На этом уровне реализуются все функции, связанные с обеспечением доступа к радиоканалу: модуляция/демодуляция, синхронизация, переключение режимов передачи и приема, управление мощностью передатчиков.