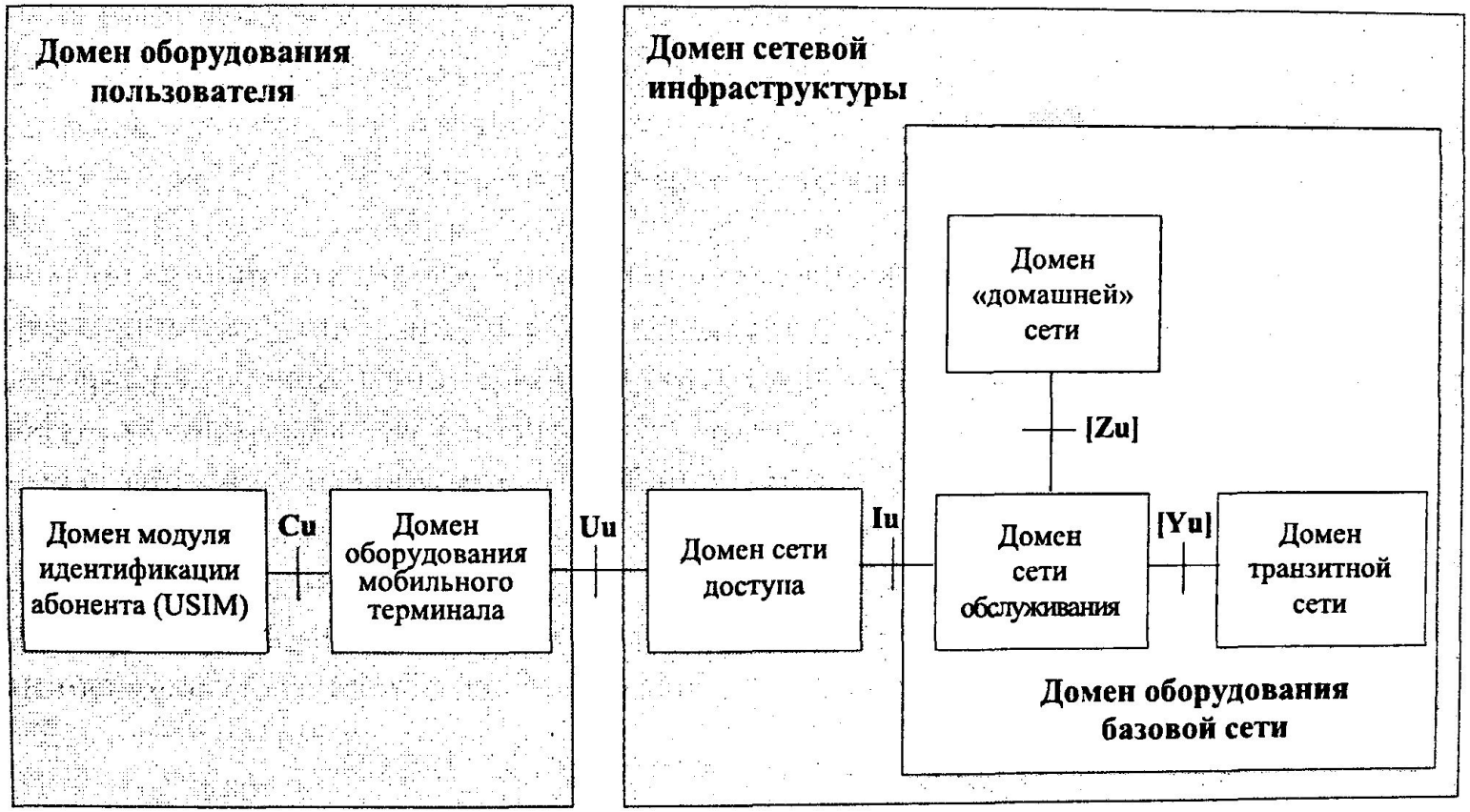
Архитектура и принципы функционировани я сетей UMTS

Концепция архитектуры UMTS предполагает объединение ее структурных подсистем (доменов), взаимодействующих друг с другом посредством «опорных точек» (точек доступа, «reference points») или интерфейсов, увязывающих все домены в единую систему по совокупности стандартизованных информационных, технических и сетевых параметров. Разделение сети UMTS на домены – результат выполнения требований по обеспечению эволюционного развития существующей сетевой инфраструктуры GSM, ISDN, B-ISDN и др. [4].

С физической точки зрения архитектуру сети UMTS можно представить в виде схемы, показанной на рис. 6.1. Это абстрактная модель, применимая к любой сети UMTS независимо от спецификации и релиза [2].

Базовая архитектура сетей UMTS



Домен оборудования пользователя	– User Equipment (UE) domain:
Домен модуля идентификации абонента	– UMTS Subscriber Identity Module (USIM),
Домен оборудования мобильного терминала	– Mobile Equipment (ME) domain;
Домен сетевой инфраструктуры	– Infrastructure domain:
Домен сети доступа	– Access Network (AN) domain,
Домен оборудования базовой сети	– Core Network (CN) domain,
Домен сети обслуживания	– Serving Network (SN) domain,
Домен транзитной сети	– Transit Network (TN) domain,
Домен «домашней» сети	– Home Network (HN) domain.

Домен оборудования пользователя

Домен оборудования пользователя физически состоит из абонентских терминалов (абонентских станций – АС), позволяющих взаимодействовать с базовыми станциями сети, осуществляя доступ к услугам посредством радиоинтерфейса Uu. Основное отличие АС UMTS от абонентских терминалов 2G состоит в расширенной функциональности, обеспечиваемой высокими скоростями передачи информации. С точки зрения архитектуры, домен оборудования пользователя подразделяется на 2 (суб)домена, связанные между собой т.н. Cu-интерфейсом (рис. 6.1): домен оборудования мобильного терминала (состоит из приемопередатчика и собственно терминального оборудования, реализующего предусмотренные услугой приложения) и домен модуля идентификации абонента. Приемопередатчик и терминальное оборудование могут объединяться в одном устройстве (например, телефонной трубке для речевых услуг) или быть разделены (при обеспечении Web-услуг с помощью носимого ПК).

Домен модуля идентификации абонента (USIM) в системе UMTS физически чаще всего представляет собой смарт-карту. USIM-модуль отвечает за выполнение алгоритмов опознавания, хранения и идентификации абонента. Он содержит все идентификационные данные абонента, профиль пользователя, список услуг, к которым тот имеет доступ в силу контрактных отношений с оператором сети и другую информацию. USIM-модуль специфичен для каждого пользователя и позволяет последнему получать конфиденциальный доступ к заказанной услуге, обеспечиваемый с помощью процедур аутентификации и шифрования.

Домен сетевой инфраструктуры UMTS

Архитектуру UMTS представляют как совокупность двух областей – области, зависимой от используемой радиотехнологии, и области, независимой от нее. Это, соответственно, домен сети доступа и домен базовой сети (рис. 6.1), разделенные Iu-интерфейсом. Архитектура UMTS преемственна по отношению к архитектуре сети GSM/GPRS и обеспечивает максимальную с ней унификацию. Разница, в основном, заключается в специфике реализации сети доступа и базовой сети.

Домен «домашней» сети. Он соответствует сети, на услуги которой подписан пользователь. В сущности, это сеть, с которой пользователь связан кон-

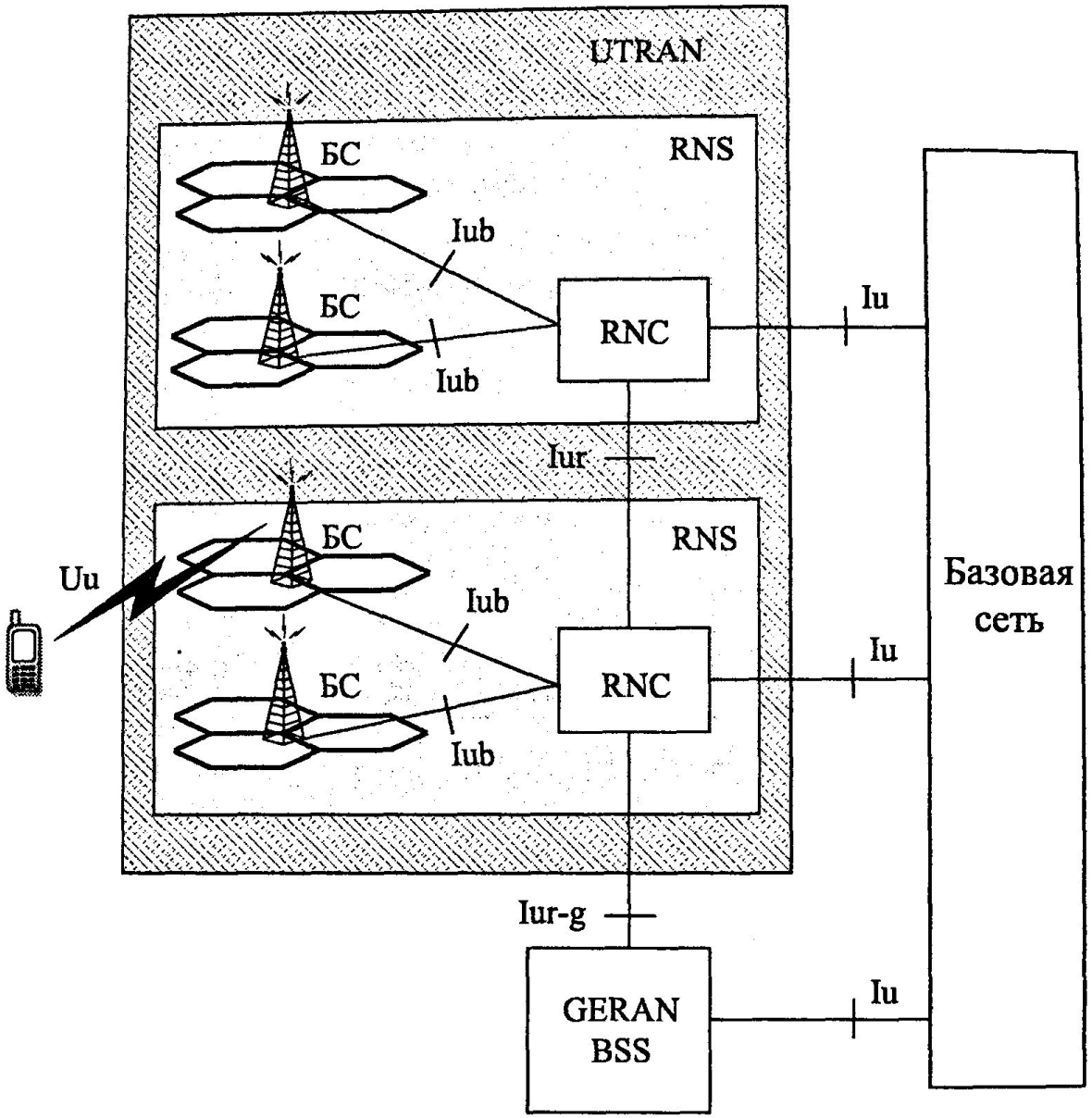
Домен сети обслуживания представляет собой сеть, содержащую сеть доступа, к которой пользователь подключен в данный момент. Эта сеть ответственна за транспортировку пользовательских данных от источника сообщения к адресату. Физически это может быть все та же домашняя сеть или другая (например, в случае, если пользователь связывается с сетью другого оператора). При этом сеть обслуживания взаимодействует с сетью доступа через Iu-интерфейс и с домашней сетью – посредством Zu-интерфейса. Последнее необходимо для осуществления биллинга и для того, чтобы иметь постоянный доступ к информации об услугах, на которые «подписан» пользователь.

Домен транзитной сети представляет собой часть базовой сети, отвечающую за передачу сообщений между сетью обслуживания и адресатом. Домен транзитной сети соединен с сетью обслуживания Yu-интерфейсом. Заметим, что если упомянутый адресат принадлежит к той же сети, что и пользователь, то сеть обслуживания и транзитная сеть тождественны. Следует также заметить, что транзитная сеть может не быть сетью UMTS, например, в случае соединения АС с сетью фиксированного доступа или же доступа в Internet.

Таким образом, имеется по меньшей мере несколько сценариев, по которым пользователь может связываться с удаленным корреспондентом. В принципе возможны даже варианты, когда домашняя сеть (Home Network), сеть обслуживания (Serving Network) и сеть доступа (Access Network) физически представляют собой одну и ту же сеть [2].

По существу, сеть UMTS как таковая – это совокупность сетей доступа UTRA (Universal Terrestrial Radio Access Network) и базовой (Core Network), на основе которых строится сеть сухопутной подвижной связи общего пользования.

Архитектура универсальной наземной сети радиодоступа (UTRAN)



Архитектура универсальной наземной сети радиодоступа (UTRAN) показана на рис. 6.2. Она представляет собой совокупность нескольких (нескольких десятков) подсистем радиодоступа (Network Subsystems – RNS). Все RNS соединены с базовой сетью посредством Iu-интерфейсов (Iu-референсных точек доступа UMTS).

Каждый субдомен RNS отвечает за прием и за передачу информации в некоторой группе сот сети UMTS. Соединение между RNS и АС осуществляется через посредство радиоинтерфейса Uu. Каждый RNS содержит совокупность элементов двух типов, обозначаемых в UMTS Node B и контроллеров радиосетей RNC (Radio Network Controller), объединенных между собой с помощью интерфейсов Iub. При этом RNC, входящие в состав различных RNS, связаны между собой по интерфейсу Iur. Сразу заметим, что хотя такой функциональный узел RNS как node B на рис. 6.2 помечен как базовая станция (БС), следует иметь ввиду, что в действительности спецификацией он определяется как терминальная точка между радиоинтерфейсом и сетью и может состоять из одной или нескольких сот или секторов[1]. Таким образом, контроллеры RNC могут управлять несколькими (вплоть до нескольких десятков) БС и вместе с подключенными к ним БС образуют подсистемы радиодоступа RNS, совокупность которых в свою очередь образует сеть радиодоступа UTRAN.

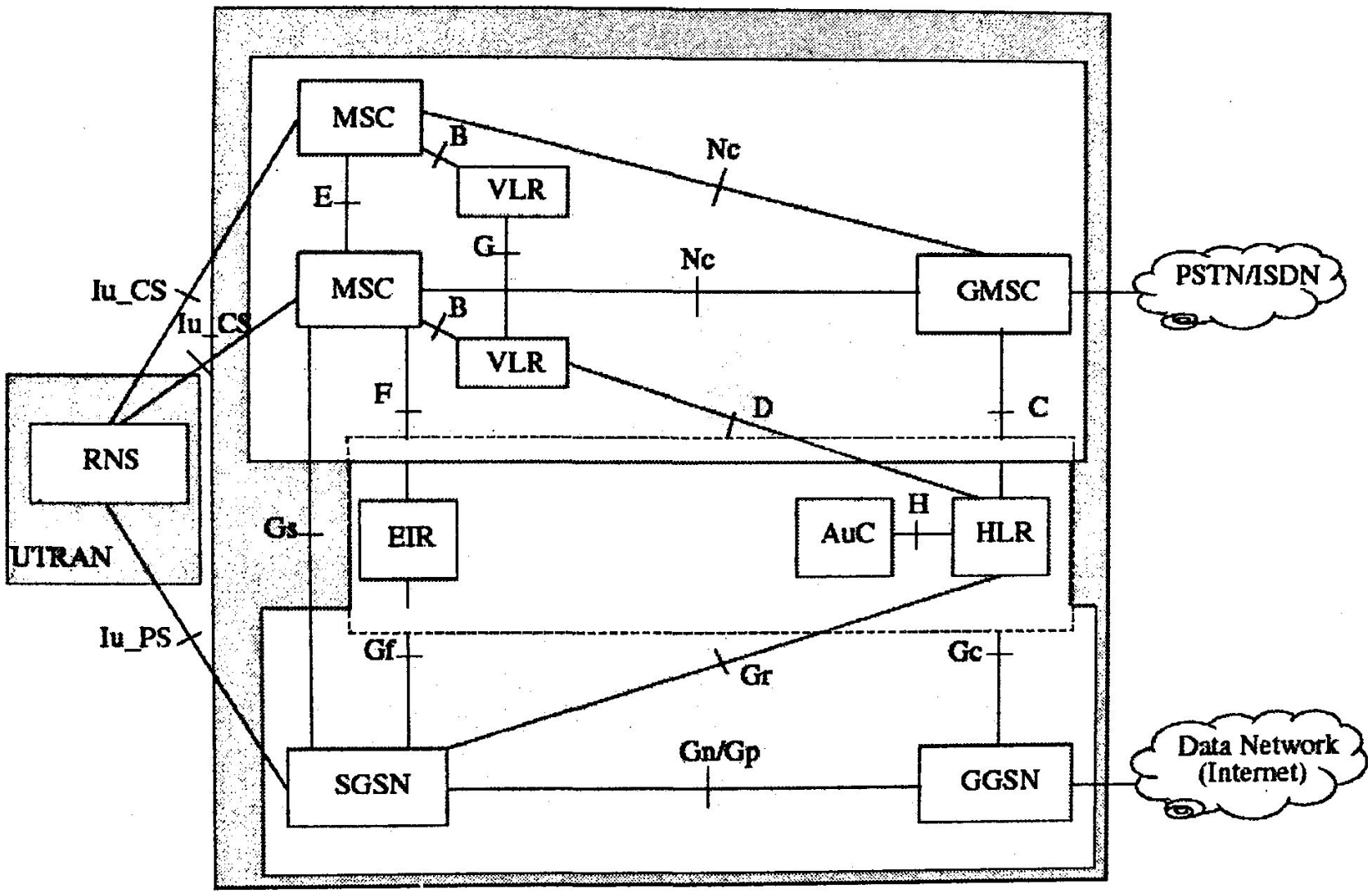
Домен оборудования базовой сети

Базовая сеть является частью инфраструктуры сети мобильной связи, которая выполняет все функциональные задачи, не связанные непосредственно с радиодоступом. Благодаря выделению базовой сети в качестве отдельного объекта инфраструктуры становится возможным объединить в рамках единой сети сетевые архитектуры, основанные на разных технологиях радиодоступа. Примерами могут служить процедуры соединения и управления сессией, включая установку, поддержание и прерывание соединения для услуг с коммутацией каналов или пакетов при обеспечении контроля местоположения АС.

Таким образом, основными элементами базовой сети являются:

- центр коммутации базовой сети MSC/VLR, который состоит из коммутатора мобильной связи MSC (Mobile Switching Centre) и базы данных перемещения абонентов VLR, известной как гостевой регистр (Visitor Location Register);
- база данных местоположения абонентов HLR, или домашний регистр (Home Location Register);
- зональный центр коммутации GMSC (Gateway Mobile Switching Centre);
- сервисный узел пакетного трафика SGSN (Serving GPRS Support Node);
- шлюзовой сервисный узел пакетного трафика GGSN (Gateway GPRS Support Node).

Архитектура базовой сети UMTS



Внешние сети, с которыми взаимодействует сеть UMTS, можно разделить на два типа: сети, работающие в режиме коммутации каналов (например, телефонная сеть общего пользования или интегрированная сеть передачи данных ISDN); и сети, работающие в режиме коммутации пакетов (например, Internet). Соответственно, система UMTS обеспечивает платформу для предоставления услуг передачи данных с коммутацией каналов и услуг передачи данных с коммутацией пакетов, обеспечивая максимальную унификацию для этих двух режимов.

Инфраструктура базовой сети подразделяется на две области, отличающиеся принципами организации трафика. Это CS-домен (Circuit Switched) и PS-домен (Packet Switched) – домены с коммутацией каналов и коммутацией пакетов, соответственно.

CS-домен поддерживает трафик через выделенные соединения, что позволяет сетям UMTS взаимодействовать с телефонными сетями общего пользования или ISDN. PS-домен поддерживает пакетный трафик, формируемый группами битов, передаваемыми и маршрутизируемыми независимо друг от друга. На всем протяжении соединения нет необходимости в использовании выделенного ресурса, который предоставляется на «пакетной» основе по мере необходимости. Это позволяет группировать и мультиплексировать потоки пакетных данных, тем самым оптимизируя использование канальных ресурсов. Благодаря PS-домену сеть UMTS может осуществлять взаимодействие с внешними PS-сетями, такими как Internet.

Разделение на CS- и PS-домены привело к «расщеплению» Iu-интерфейса между базовой сетью и сетью доступа на два разных интерфейса: Iu_CS-интерфейс и Iu_PS-интерфейс [2]. Некоторые из элементов базовой сети одновременно принадлежат к CS- и PS-доменам. Это т.н. домашний регистр местоположения – HLR, центр аутентификации – Authentication Centre (AuC) и центр идетификации оборудования – Equipment Identity Register (EIR).

Домашний регистр HLR представляет собой базу данных о постоянно зарегистрированных в сети абонентах (пользователях, имеющих доступ к услугам в данной сети). В ней содержатся всевозможные атрибуты пользователей, включая идентификационные номера, адреса, параметры подлинности и профили подключенных услуг связи, а также данные о роуминге и специальная информация о маршрутизации.

В AuC хранятся ключи идентификации пользователей, используемые HLR и позволяющие ему все надлежащие процедуры осуществлять в конфиденциальном режиме.

Наконец, EIR – это база данных, которая сохраняет идентификаторы АС для того, чтобы своевременно определять те мобильные терминалы, чей доступ к сети должен быть по тем или иным причинам отклонен (например потому, что они были похищены).

CS-домен состоит из трех специфических элементов, а именно, упомянутого выше центра коммутации подвижной связи MSC, зонального центра коммутации подвижной связи GMSC и базы данных перемещения мобильных абонентов (гостевого регистра местоположения абонентов) VLR.

Как правило, каждый центр коммутации MSC/VLR обслуживает несколько подсистем радиодоступа RNS одновременно, обеспечивая все виды соединений.

Основные функции коммутатора

- осуществлении соединений для режима с коммутацией каналов (CS-режима) между сетевыми элементами внутри сети UMTS, включая обмен между элементами сети UTRAN;
- обеспечении соединения с другими центрами коммутации, в частности с зональными центрами коммутации GMSC и др. службами;
- выполнении функций шлюза по отношению к внешним сетям в CS-режиме.

Коммутаторы MSC в UMTS в принципе аналогичны MSC в GSM, с той лишь единственной разницей, что в них реализована специальная функция межсетевого взаимодействия между MSC и сетью доступа UMTS (для доставки речевого трафика GSM в базовую сеть используется аппаратное подключение со скоростью 64 кбит/с, а в UMTS применена адаптивная по скорости AMR-технология (adaptive multi-rate technique) со скоростью 4.75 – 12.2 кбит/с и технология ATM в сети доступа). Стремясь подчеркнуть эту разницу, иногда используют обозначение 3G MSC [2].

В гостевом регистре (базе данных перемещения абонентов) VLR содержится копия списка подключенных услуг связи и идентификаторы «визитных» абонентов, которые в данный момент находятся в области данного MSC, а также информация о местоположении АС, что позволяет выполнять большинство операций по ее обслуживанию без обращения к HLR. Сведения, хранимые в VLR и HLR, должны быть своевременно скоординированы.

Зональный центр коммутации GMSC предназначен для осуществления коммутации между сетью UMTS и внешними CS-сетями. GMSC представляет собой специальный MSC, имеющий интерфейс с внешними CS-сетями и отвечающий за маршрутизацию вызовов из внешней сети /во внешнюю сеть. Он взаимодействует с HLR, чтобы определить MSC, через который должен быть перенаправлен данный вызов.

PS-домен состоит из двух специализированных компонентов: сервисного узла пакетного трафика (узла поддержки GPRS) SGSN и шлюзового сервисного узла пакетного трафика GGSN, также поддерживающего услуги GPRS.

Сервисный узел пакетного трафика SGSN выполняет функции, аналогичные функциям MSC, но для режима с коммутацией пакетов (PS-режима). Шлюзовой сервисный узел пакетного трафика GGSN является интерфейсным узлом, который обеспечивает маршрутизацию пакетных данных сети UMTS во внешние PS-сети и обратно. Так, центры коммутации MSC/VLR и GMSC образуют CS-домен базовой сети, обеспечивающий режим передачи данных с коммутацией каналов, а SGSN и GGSN – PS-домен базовой сети, обеспечивающий режим передачи данных с коммутацией пакетов.

В частности, SGSN отвечает за вопросы конфиденциальности и мобильности соединения с АС, соединяясь с сетью UTRAN посредством интерфейса Iu_PS, в то время как узел GGSN осуществляет взаимодействие с внешними сетями передачи данных и хранит информацию о маршрутизации. Между GGSN и SGSN могут устанавливаться соединения по IP-протоколу [2].

В зависимости от классов трафика UMTS, определяющих скорость передачи данных и чувствительность к задержке (и тем самым – принципы коммутации) посредством соответствующих интерфейсов, подсистема радиодоступа RNS может взаимодействовать как с системой коммутации MSC/VLR, так и с сервисным узлом пакетного трафика SGSN.

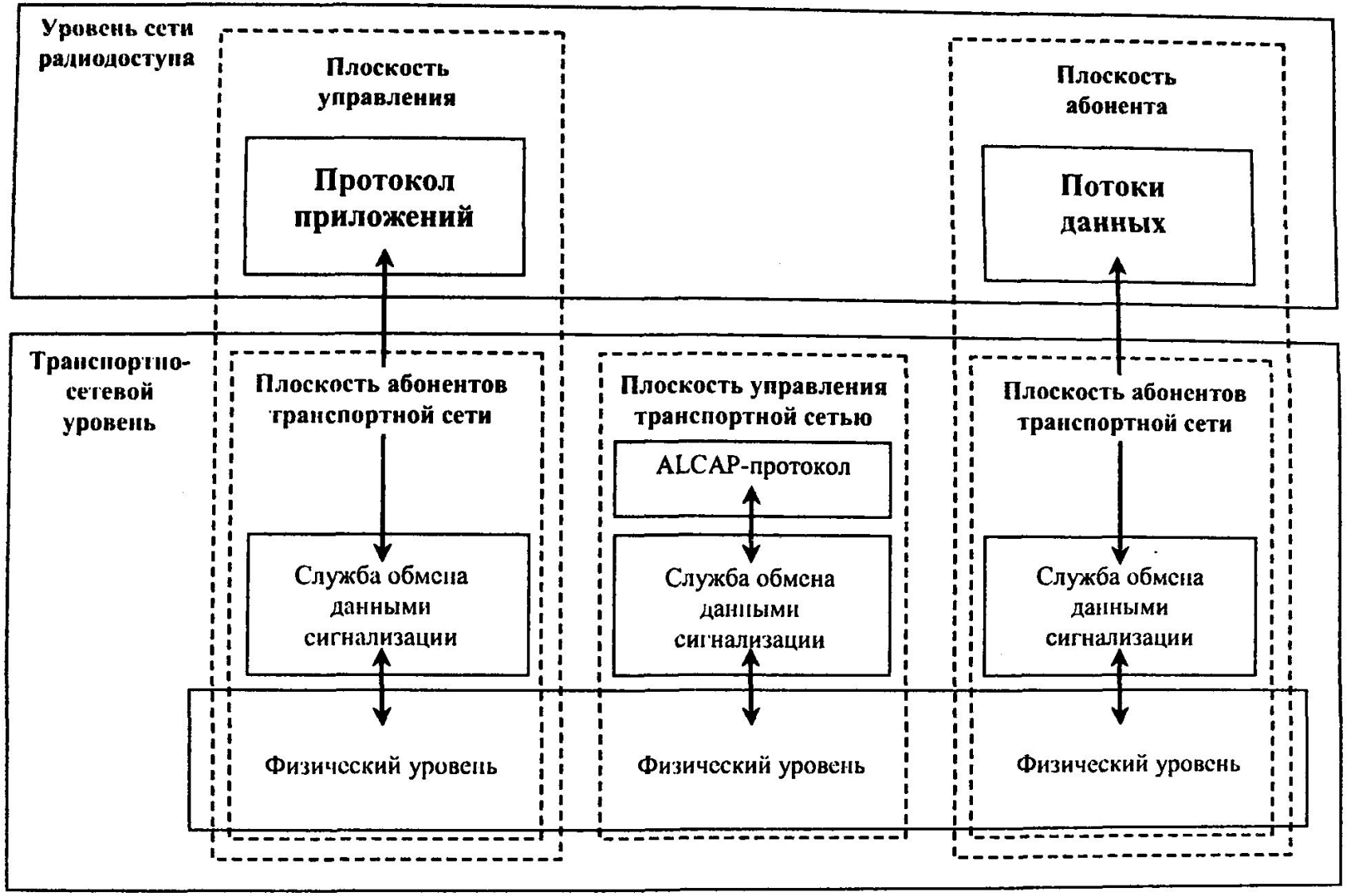
Идеология управления сетью в UMTS

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.