



В.Ю. Гойхман, Б.С. Гольдштейн, Н.Г. Сибирякова



СЕРИЯ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ПРОТОКОЛЫ

ОКС7: Подсистема МАР

В. Ю. Гойхман, Б. С. Гольдштейн, Н. Г. Сибирякова

Серия
«Телекоммуникационные протоколы ЕСЭ РФ»

Протоколы стека ОКС7: подсистема МАР

Книга 10

Санкт-Петербург
«БХВ-Петербург»
2014

УДК 621.395
Г63
ББК 32.88

В. Ю. Гойхман, Б. С. Гольдштейн, Н. Г. Сибирякова

Протоколы стека ОКС7: подсистема MAP. Серия «Телекоммуникационные протоколы». Книга 10. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 200 с.: ил.

978-5-9775-3228-0

Описывается протокол MAP (Mobile Applications Part) стека общеканальной сигнализации ОКС7 в современных сетях мобильной связи. Показано, как прикладная подсистема мобильной связи MAP обеспечивает взаимодействие центров коммутации мобильной связи MSC, сетевого оборудования и баз данных, которые используются в СПС. Книга содержит подробные сведения о протоколе MAP, включая вопросы сертификационных испытаний и протокол-тестеров.

Серия «Телекоммуникационные протоколы»

978-5-9775-3228-0

© В. Ю. Гойхман, Б. С. Гольдштейн, Н. Г. Сибирякова, 2012, 2014

Издательство «БХВ-Петербург», 190005, Санкт-Петербург, Измайловский пр., 29

Выход этой книги в свет стал возможным благодаря содействию Научно-технического центра АРГУС (г. Санкт-Петербург).



Содержание

Предисловие	7
Глава 1. Сети подвижной связи GSM/GPRS/UMTS	11
1.1. Сеть поколения 2G	11
1.2. Сеть поколения 2.5G	12
1.3. Сеть поколения 3G	14
1.4. Эволюция сети GSM/UMTS.....	16
1.4.1. Подсистема IMS.....	16
1.4.2. Сеть стандарта LTE	18
1.5. Сеть подвижной связи РФ	21
Глава 2. Архитектура сети MAP	23
2.1. Задачи протокола MAP	23
2.2. Объекты сети MAP	24
2.2.1. Опорный регистр HLR	25
2.2.2. Гостевой регистр VLR	28
2.2.3. Регистр идентификации оборудования EIR	32
2.2.4. Центр коммутации подвижной связи MSC.....	32
2.2.5. Шлюзовой MSC (GMSC).....	34
2.2.6. MSC-сервер, MGW, SG	35
2.2.7. SC – центр обслуживания коротких сообщений.....	36
2.2.8. Шлюзовой MSC для SMS (SMS GMSC)	36
2.2.9. MSC межсетевого взаимодействия для SMS (SMS-IWMSC)	36
2.2.10. Центр аутентификации AuC.....	37
2.2.11. Узел текущей поддержки GPRS (SGSN)	38
2.2.12. Шлюзовой узел GPRS (GGSN)	38
2.3. Подсистемы и протоколы, предоставляющие свои услуги подсистеме MAP.....	38
2.3.1. Подсистемы сети с коммутацией каналов	38
2.3.2. Протоколы сети с коммутацией пакетов.....	43
2.3.3. Взаимодействие MAP с другими протоколами	46

Глава 3. Идентификация, нумерация и адресация.....	47
3.1. Идентификация мобильных станций.....	47
3.1.1. Структура IMSI	48
3.1.2. Структура TMSI	49
3.2. Нумерация мобильных станций	49
3.2.1. Общее.....	49
3.2.2. Требования к нумерации MS	49
3.2.3. Структура международного номера мобильной станции MSISDN	50
3.2.4. Номер для маршрутизации вызова к MS при роуминге – MSRN	51
3.2.5. Номер хэндовера	51
3.3. Идентификация зоны местонахождения базовых станций	52
3.3.1. Идентификатор зоны местонахождения LAI	52
3.3.2. Идентификация базовой станции.....	53
3.3.3. Идентификатор зоны региональной подписки RSZI.....	54
3.4. Идентификация MSC (MSC-сервера), регистров VLR и HLR.....	55
3.4.1. Идентификация с целью маршрутизации	55
3.4.2. Идентификация HLR с целью обеспечить восстановление данных HLR	55
3.5. Международный идентификатор оборудования MS и номер версии программного обеспечения	56
3.5.1. Структура IMEI	56
3.5.2. Структура IMEISV	57
3.6. Локализованная зона обслуживания LSA.....	57
3.7. Идентификатор сети подвижной связи PLMN Id.....	58
3.8. Глобальный адрес для подвижной связи	58
3.8.1. Общее.....	58
3.8.2. Структура MGT.....	59
3.8.3. Формирование MGT из международного идентификатора мобильной станции IMSI	59
3.8.4. Длина MGT.....	60

Глава 4. Услуги MAP	61
4.1. Основные понятия	61
4.1.1. Пользователи MAP	61
4.1.2. Примитивы услуг	61
4.1.3. Классификация услуг MAP	62
4.2. Общие услуги MAP	63
4.2.1. Услуга MAP-OPEN	63
4.2.2. Услуга MAP-CLOSE	66
4.2.3. Услуга MAP-DELIMITER	66
4.2.4. Услуга MAP-U-ABORT	66
4.2.5. Услуга MAP-P-ABORT	67
4.2.6. Услуга MAP-NOTICE	69
4.3. Индивидуальные услуги MAP	69
4.3.1. Классификация параметров индивидуальных услуг	69
4.3.2. Перечень индивидуальных услуг	74
4.4. Соответствие услуг MAP и примитивов TCAP	90
4.4.1. Отображение общих услуг MAP в примитивы TCAP	90
4.4.2. Отображение индивидуальных услуг MAP в примитивы TCAP	92
4.4.3. Отображение параметров примитивов MAP в примитивы TCAP	93
4.5. Организация диалога и передачи данных между пользователями MAP	101
4.5.1. Подсистема MAP	101
4.5.2. Организация диалога на стороне инициатора	101
4.5.3. Организация диалога на вызываемой стороне	104
4.5.4. Обмен примитивами индивидуальной услуги в процессе установленного диалога	108
4.5.5. Окончание диалога	108
Глава 5. Процедуры пользователей MAP	109
5.1. Процедура обновления данных о местонахождении MS	109
5.1.1. Процессы обновления данных о местонахождении MS	109
5.1.2. Режимы обновления данных о местонахождении MS	111

5.1.3.	Нормальный режим обновления местонахождения.....	113
5.1.4.	Сценарии обмена сообщениями MAP при выполнении процедуры обновления местонахождения	114
5.2.	Процедура аутентификации	129
5.3.	Процедура реализации хэндовера	132
5.3.1.	Процедура базового хэндовера при перемещении абонента, занятого разговором, из зоны обслуживания MSC-A в зону обслуживания MSC-B	132
5.4.	Процедуры обслуживания вызова	142
5.4.1.	Функции MSC в процессе обработки вызова.....	142
5.4.2.	Запрос информации для маршрутизации входящего вызова	142
5.4.3.	Установление входящего соединения в оконечном MSC	158
5.5.	Процедуры доставки коротких сообщений	167
5.5.1.	Процедура начала обслуживания короткого сообщения: передача короткого сообщения от абонента к сервисному центру	167
5.5.2.	Процедура окончания обслуживания короткого сообщения: передача его от сервисного центра к абоненту-адресату.....	170
Глава 6. Тестирование, сертификационные испытания и изучение MAP		174
6.1.	Подходы к тестированию сигнализации MAP.....	174
6.2.	Сертификационные испытания MAP	175
6.3.	Платформа COTSБИ-У изучения протокола MAP	180
6.4.	Испытательный полигон телекоммуникационных протоколов и технологий.....	189
Список сокращений		195
Список литературы		198

Предисловие

о/р «Любые предложения люди понимают иначе, чем тот, кто их вносит» гласит третий закон Чизхолма. Именно в соответствии с этим законом и начиналась работа над подсистемой приложений мобильной связи MAP ((*Mobile Application Part*) для взаимодействия сетевых компонентов сетей сотовой подвижной связи (СПС) в Исследовательской комиссии 11 Международного союза электросвязи ITU (International Telecommunication Union), за два года до создания рабочей группы GSM. С самого начала эта работа представляла собой процесс трудных споров между энтузиастами новой (тогда еще) мобильной связи и консервативными инженерами традиционной телефонии. В 1985 году работа над протоколом была передана в рабочую группу GSM, в октябре 1988 года MAP приобрел свою окончательную структуру, а в 1989 году была утверждена его первая версия. Менее чем за год была готова вторая версия, а затем – и третья.

Первая версия содержала более 650 страниц, включая приложения и дополнительный материал. Вторая и третья версии содержали около 750 и 1000 страниц соответственно. Синтаксис протокола написан на ASN.1, а процедуры, которых уже в первой версии было 54 – на SDL. Разработанные еще позже протокольные приложения для Интеллектуальных сетей, дополнительных услуг, универсальных персональных телекоммуникаций и UMTS – все они базируются на методах и принципах MAP.

Для понимания и описания основных процессов обслуживания вызова в мобильных сетях, необходимых для создания MAP, была придумана простейшая сетевая, названная *моделью «трех сосисок»* (рис. 1).

Роль сосисок выполняют две разные СПС и стационарная телефонная сеть ТФОП.

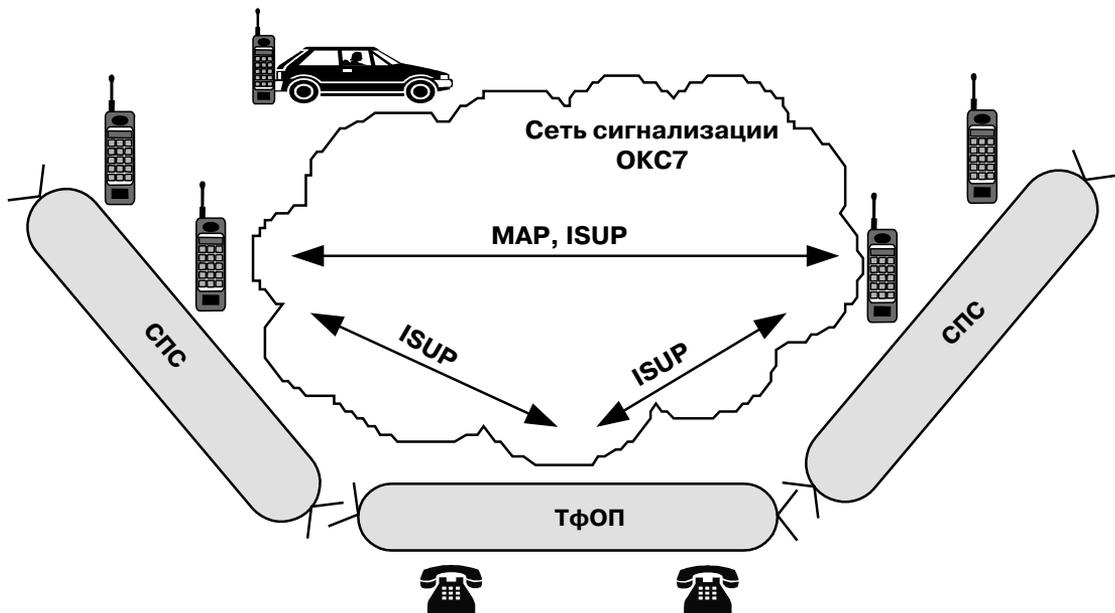


Рис. 1. Модель «трех сосисок»

Например, если для ТфОП местонахождение абонента является постоянным и определяется планом нумерации, то в сетях подвижной связи местонахождение абонента может радикально изменяться без уведомления сети – например, абонент может выключить свой сотовый телефон в аэропорту, а через пару часов снова включить его в СПС совсем другой страны. Точно так же, для входящих к мобильным абонентам вызовов не существует прямой связи между местонахождением абонента и номером сотового телефона.

Или, перед тем как осуществить маршрутизацию вызова к мобильному терминалу вызываемого абонента, нужно получить в реальном времени информацию о его местонахождении и другую служебную информацию, а потому такие вызовы требуют обмена большим количеством служебных сигналов, не относящихся непосредственно к вызову и/или к сеансу связи.

Так как модель «трех сосисок» полностью абстрактна и не зависит от архитектуры и технологий сетей СПС и ТФОП, позволило разрабатывать определенные процедуры MAP, независимо от сетевой конфигурации, например, сетевой архитектуры GSM.

В рамках работы над протоколом MAP так же была специфицирована внутренняя архитектура СПС, за основу которой был взят принцип построения сетей NMT-450. Еще до появления стандарта GSM в спецификации MAP были введены такие понятия как: узел коммутации *MSC (Mobile Switching Center)*, базы данных двух типов – гостевой регистр *VLR (Visitor Location Register)* и опорный (домашний) регистр *HLR (Home Location Register)*. Каждый VLR обслуживал одну зону, в границах которой мобильные терминалы могли перемещаться без обновления данных о своем местонахождении. Обновление этих данных производится при переходе абонента из одной зоны обслуживания в другую. VLR содержит информацию обо всех мобильных терминалах, которые находятся в данный момент на территории его зоны обслуживания, информацию, необходимую для установления соединений с этими терминалами. HLR является базой данных, в которой содержится информация об услугах и возможностях, предоставляемых мобильному абоненту, а также о его местонахождении в настоящее время. Количество HLR определяется емкостью мобильной сети (чаще всего это только один HLR на сеть). Количество VLR в сети обычно определяется числом MSC.

Основные услуги MAP специфицированы для сети GSM этапа 2G (2 Generation). Ряд операций был добавлен для поддержки GPRS (*General Packet Radio Service*) и сетей 3G UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*).

Параллельно с MAP велась работа над созданием подсистем TCAP и SCCP [2] стека OKC7, которые наряду с MTP1 – MTP3 [3] были необходимы для обмена информацией между удаленными подсистемами MAP и решали такие задачи, как дополнительная адресация с использованием GT и SSN, сегментация данных, организация диалога между удаленными подсистемами.

Сегодня подсистема MAP представляет собой развитый и широко применяемый протокол, который позволяет узлам сетей GSM/GPRS/UMTS обмениваться информацией с целью предоставления абоненту MS (*Mobile Station*), например, таких услуг, как обработка вызова, хэндовер, роуминг, обмен текстовыми короткими сообщениями SMS и др.

Имеются полупостоянные соединения для передачи сообщений MAP между VLR и узлами MSC, к которым он приписан, а также временные соединения между VLR и HLR для обновления информации о местонахождении мобильного терминала, между двумя или тремя центрами MSC для реализации процедуры хэндовера и между двумя VLR для обмена данными о MS, при изменении местонахождения.

Как и предыдущие десять книг серии «Телекоммуникационные протоколы», эта книга подготовлена совместными усилиями кафедры систем коммутации и распределения информации СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича и Научно-технических центров АРГУС, ПРОТЕЙ, СЕВЕНТЕСТ группы компаний «ЭКРАН».

Заботы по изданию книги взял на себя НТЦ АРГУС, за что авторы выражают свою искреннюю признательность.

В подготовке материалов для этой книги также приняли участие специалисты НИЦ СОТСБИ и испытательной лаборатории НИСТЕЛ сертификационного центра СПбГУТ, студенты и аспиранты кафедры, а также коллеги из отечественных и зарубежных телекоммуникационных компаний, участвовавшие в тестировании MAP в опытных зонах Операторов СПС России и стран СНГ.

Глава 1. Сети подвижной связи GSM/GPRS/UMTS

В предыдущей десятой книге серии «Телекоммуникационные протоколы», посвященной прикладной подсистеме средств транзакций TCAP, упоминались задачи обслуживания мобильных абонентов и отмечалось, что основным пользователем TCAP является прикладная подсистема MAP (Mobile Application Part) сотовых сетей подвижной связи (СПС), поддерживающая, среди прочего, организацию роуминга. Этот термин происходит от английского глагола to roam (бродить) и в частном случае означает предоставление абонентам СПС возможности пользоваться связью за пределами зоны действия Оператора, обслуживающего этих абонентов.

В соответствии со сложившейся в этих книгах о телекоммуникационных протоколах традицией, в первой главе предпринимается попытка осмыслить основные области применения протокола MAP, для чего кратко рассмотрим принципы построения базовых сетей и основные услуги, предоставляемые абонентам, на разных этапах эволюции сетей СПС.

1.1. Сеть поколения 2G

Развитие базовой сети (Core Network – CN) стандарта GSM 900/1800 (Global System for Mobile Communication) прошло несколько этапов. Первый этап, который относится к началу девяностых годов – это сети поколения 2G, где существовал один домен коммутации каналов (Circuit Switched, CS), и оказывались услуги передачи речи и коротких сообщений, а в качестве коммутатора использовался комму-

татор MSC (Mobile Switching Center), реализованный с использованием технологии коммутации каналов (рис. 1.1). Скорость передачи пользовательской информации в радиointерфейсе, как правило, не превышала 13 кбит/с.

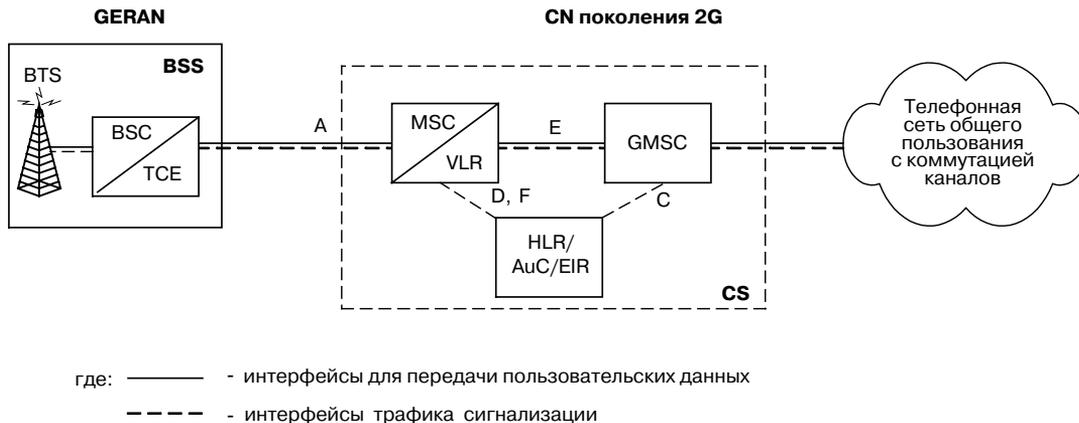


Рис. 1.1. Основные элементы базовой сети стандарта GSM поколения 2G

1.2. Сеть поколения 2.5G

Для оказания услуг передачи данных на базе протокола IP к домену коммутации каналов CS добавляется домен коммутации пакетов PS (Packet Switched), состоящий из оборудования GPRS (General Packet Radio Service) – службы пакетной передачи данных через радиointерфейс. Домен PS состоит из узла текущей поддержки пакетной передачи данных SGSN (Serving GPRS Support Node) и шлюзового узла GGSN (Gateway GPRS Support Node). Стандарт GSM с технологией GPRS занимает промежуточное положение между вторым и третьим поколениями мобильной связи, поэтому нередко называется поколением 2,5G (рис. 1.2).

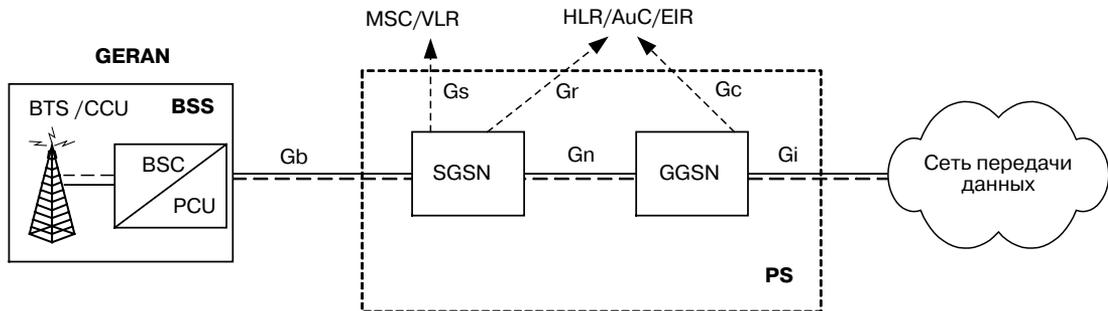


Рис. 1.2. Основные элементы домена коммутации пакетов базовой сети GSM/GPRS

Для пакетной передачи данных через GPRS оборудование подсистемы BSS (Base Station Sub System) также должно быть модернизировано.

Контроллер BSC (Base Station Controller) дополняется блоком управления пакетами – PCU (Packet Controller Unit), а базовая станция BTS (Base Transceiver Station) – кодирующим устройством CCU (Channel Codec Unit).

PCU – выполняет сегментацию и повторную сборку блоков данных, распределение каналов для передачи/приема пакетных данных.

Блок CCU реализует новые схемы кодирования в радиointерфейсе, производит измерение мощности в канале. Схемы кодирования различаются скоростью передачи данных, величина которой обратно пропорциональна помехоустойчивости. Для GPRS существует 4 схемы кодирования (CS1–CS4) с разными скоростями на один таймслот:

- CS1 – максимальная скорость 9,1 кбит/с;
- CS2 – максимальная скорость 13,4 кбит/с;
- CS3 – максимальная скорость 15,6 кбит/с;
- CS4 – максимальная скорость 21,4 кбит/с.

Очевидно, что CS1 – самый помехоустойчивый алгоритм, а CS4 – самый быстрый.

Для передачи данных GPRS использует каналы радиointерфейса, свободные от передачи речи. Теоретически передача данных может осуществляться сразу по нескольким (до восьми) свободным каналам.

Максимальная теоретическая скорость передачи данных через GPRS $21,4 \text{ кбит/с} * 8 \text{ слотов} = 171,2 \text{ кбит/с}$.

Скорость передачи данных в интерфейсе Gb, организованном, например, на базе тракта E1, составляет 1984 кбит/с.

Система EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution) является модернизацией GSM/GPRS и использует новый метод модуляции, значительно увеличивающий скорость передачи в радиointерфейсе. В технологии EDGE теоретическая максимальная скорость передачи данных 384 кбит/с.

Сеть абонентского доступа, совмещающая в себе технологии GSM/GPRS/EDGE, получила название GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network). В общем случае для взаимодействия с базовой сетью GERAN может иметь три интерфейса: A, Gb, Iu (UMTS); но возможна и любая иная комбинация, содержащая от одного до трех названных интерфейсов.

1.3. Сеть поколения 3G

Следующим этапом эволюции сети мобильной связи стандарта GSM является построение универсальной мобильной телекоммуникационной системы – сети поколения 3G UMTS. Сеть 3G обеспечивает передачу данных на скорости 144 кбит/с при поездке на автомобиле, 384 кбит/с при наружном стационарном использовании или при скорости пешехода, и 2 Мбит/с в помещении.

Сеть UMTS строится путем модернизации уже существующей сети GSM/GPRS.

Первый шаг перехода описывается в документах 3GPP (Проект сотрудничества по созданию системы третьего поколения) Release 99 и состоит из модернизации сети радиодоступа с помощью технологии WCDMA (широкополосный CDMA). Сеть радиодоступа UMTS называется UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network). С доменами CS и PS сеть UTRAN взаимодействует по интерфейсам IuCS и IuPS соответственно.

Второй шаг – построение домена CS с использованием технологии распределенного коммутатора с разделением потоков пользовательской информации и управления (технология Softswitch), стандартизирован в документах 3GPP Release 4.

Распределенный коммутатор сети UMTS состоит из MSC-сервера, выполняющего функции MGC, медиашлюза (MGW) и шлюза сигнализации (SG).

Таким образом, в CN, построенной в соответствии с Release 4, передача речи и пользовательских данных осуществляется с применением IP-транспорта через домены CS и PS соответственно (рис. 1.3).

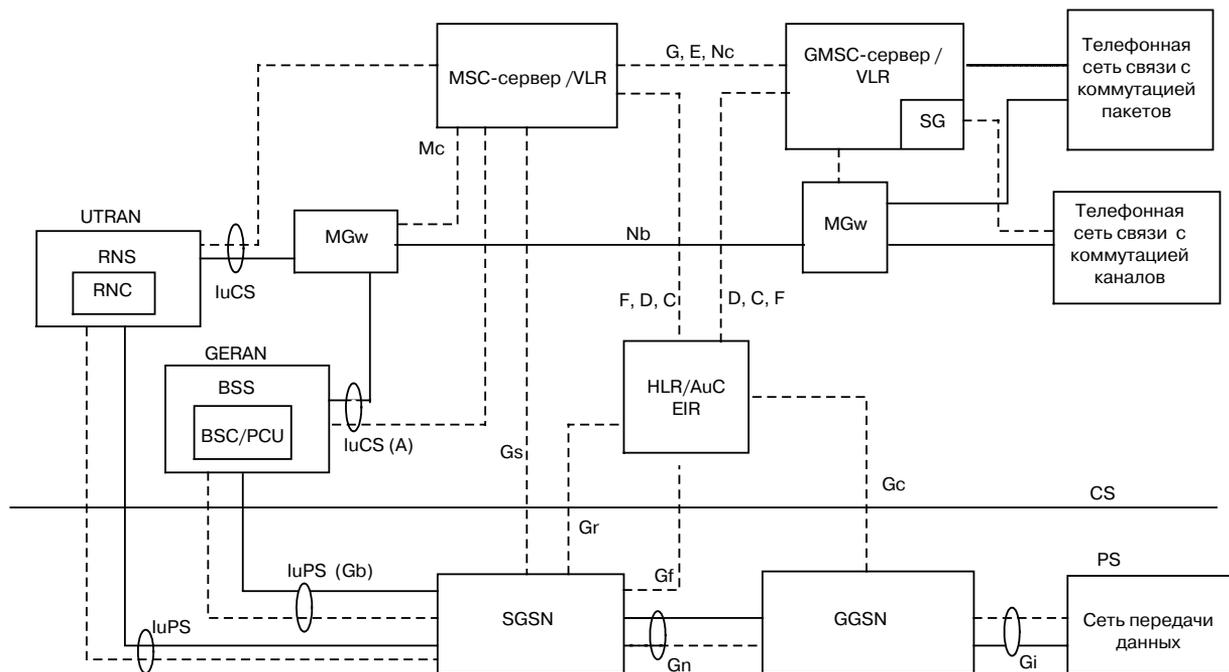


Рис. 1.3. Основные элементы доменов коммутации каналов и коммутации пакетов базовой сети стандарта GSM/GPRS/UMTS Release 4

Для оказания в сети 2G/3G услуги передачи коротких сообщений SMS (Short Message Service) в CN должен присутствовать центр обслуживания коротких сообщений SC (Service Centre), подключенный к MSC, а MSC, в свою очередь, должен выполнять функции доставки коротких сообщений от MS к SC и в обратном направлении.

1.4. Эволюция сети GSM/UMTS

1.4.1. Подсистема IMS

Для создания и доставки новых мультимедийных услуг в сетях UMTS стандарт 3GPP Release 5 определяет новый домен – подсистему поддержки мультимедийных услуг на базе протокола IP – IMS (IP Multimedia Subsystem).

IMS 3GPP R.5 предусматривает обслуживание абонентов только сетей GSM/GPRS (GERAN) и UMTS (UTRAN).

В последующих версиях 3GPP Release 6, 7 рассмотрены вопросы взаимодействия IMS с сетями, имеющими различные технологии доступа (GERAN, UTRAN, WLAN/Wi-Fi, xDSL), сделаны шаги в направлении конвергенции фиксированной и мобильной связи (Fixed Mobile Convergence): рассмотрены функция Network Attachment, которая обеспечивает механизм аутентификации абонентов фиксированных сетей; и Resource Admission, резервирующая сетевые ресурсы в фиксированных сетях для обеспечения сеансов связи.

Первоначально платформа IMS позиционировалась для внедрения широкого спектра новых мультимедийных услуг для абонентов мобильных сетей 2.5G, 3G. По мере развития архитектура IMS стала рассматриваться многими Операторами и поставщиками оборудования как возможное решение для построения единой IP-сети с использованием протокола SIP для организации мультимедийных услуг и сеансов связи между абонентами различных сетей, независимо от типа доступа.

К основным функциональным элементам архитектуры IMS относятся:

- Функция управления сеансами CSCF (Call Session Control Function), обеспечивающая управление мультимедийными услугами и сеансами с использованием протокола SIP.

- Сервер абонентских баз данных HSS (Home Subscriber Server), который является расширением HLR и содержит данные пользователя, необходимые для предоставления мультимедийных услуг средствами подсистемы IMS. То есть абонент сети GSM/UMTS, будучи пользователем мультимедийных услуг, реализованных IMS, имеет подписку в двух устройствах HLR и HSS. В HSS хранится информация о публичном PuUI (Public User Identity) и закрытом PrUI (Private User Identity) идентификаторах пользователя. Кроме PuUI и PrUI, в HSS хранятся имя функции, которая поддерживает управление сеансом связи S-CSCF (Serving-CSCF), параметры аутентификации и шифрования; информация о сервере приложений, об услугах, на которые подписан абонент, адрес функции учета стоимости. Данные, хранящиеся в HSS, необходимы для регистрации пользователя в IMS, для аутентификации абонента, для взаимодействия с функцией учета стоимости, для определения обслуживающей CSCF, для определения профилей и параметров услуг для данного абонента. HSS взаимодействует с CSCF, с серверами приложений, используя протокол Diameter. Если в HSS интегрированы функции HLR, HSS таким же образом взаимодействует с узлами GSN (SGSN, GGSN), MSC-сервером, VLR с использованием подсистем сигнализации OKC7 SCCP, TCAP, MAP и протоколов группы SIGTRAN.
- Функция Multimedia Resource Function Controller/Processor (MRFC/P) обеспечивает управление мультимедийными информационными потоками.

Функция MSFC (Media Resource Function Controller) – функция контроллера ресурсов мультимедиа – взаимодействует с S-CSCF по протоколу SIP и, используя информацию, полученную от S-CSCF, управляет MSFP с помощью протокола MEGACO (H.248).

Функция MSFP (Multimedia Resource Function Processor) – функция процессора ресурсов мультимедиа – обеспечивает широкий набор функций для поддержки мультимедийных сеансов, в том числе управление ресурсами, смешивание разных медиапотоков от нескольких источников, генерацию мультимедийных объявлений, обработку мультимедийных потоков, управление правом доступа к медиаресурсам при организации конференции. MRF также взаимодействует с серверами приложений, например, с целью получения информации, необходимой для управления конференцией (время начала, длительность, список участников).

Для передачи мультимедийного трафика через IMS к пользователям телефонных сетей общего пользования (PSTN, PLMN) с коммутацией каналов в состав IMS вводится медиашлюз (IMS – MGW) и контроллер медиашлюзов (MGCF), который по протоколу SIP взаимодействует с CSCF для управления сеансом. IMS – MGW выполняет те же функции, что и MGW домена CS.

Изначально в качестве сети доступа к IMS для абонентов GERAN/UTRAN использовались узлы GPRS (SGSN, GGSN). В сетях, реализованных на базе 3GPP Release 6 и выше, в качестве доступа к IMS, может использоваться любая IP-сеть, доступная пользователю, в том числе и MSC-сервер домена CS.

Организация роуминга для пользователей IMS осуществляется разными способами, например средствами сети GPRS. В этом случае SGSN гостевой сети определяет GGSN и посредническую функцию управления сеансом P-CSCF (Prixy-CSCF) домашней сети. Такой алгоритм реализации роуминга применяется на начальных этапах развития базовой сети UMTS (3GPP Release 5). На рис. 1.4 представлены основные элементы подсистемы IMS для доступа MS стандартов GERAN/UTRAN.

1.4.2. Сеть стандарта LTE

Release 7 3GPP начинает спецификацию технологии радиодоступа и построения базовой сети для высокоскоростной передачи данных LTE (Long Term Evolution) – эволюция в течение длительного времени на базе протокола IP. На радиодоступе сети LTE осуществляется переход с технологии WCDMA (UMTS) к системам на основе мультиплексирования с использованием ортогональных несущих OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing). По прогнозам LTE позволит достичь скоростей передачи данных – до 75 Мбит/с для восходящего соединения (от абонента к базовой станции (eNode B)) и до 375 Мбит/с для нисходящего соединения (от eNode B к абоненту). При этом должна обеспечиваться поддержка соединений для абонентов, движущихся со скоростью до 350 км/ч. Предусмотрена возможность взаимодействия базовой сети LTE с сетями других стандартов, отличных от 3GPP (далее non-3GPP), например CDMA, WiMAX.

В декабре 2009 г. был выпущен Release 9 спецификации 3GPP с рядом усовершенствований, а в июне 2010 г. увидела свет уже новая, десятая редакция 3GPP, где основное внимание уделено стандарту LTE Advanced, в котором осуществляется модернизация сети радиодоступа.

В спецификациях LTE можно выделить три главных элемента: система радиодоступа на основе OFDM, многоантенные системы MIMO (Multiple Input Multiple Output) и новая архитектура базовой сети SAE (System Architecture Evolution). Базовая сеть LTE-SAE, иначе именуемая EPC (Evolved Packet Core), базируется на IP-архитектуре: данные передаются с помощью пакетов протоколов IP (IPv4, IPv6).

EPS (Evolved Packet System) объединяет сеть радиодоступа LTE E-UTRAN (Evolved – UTRAN) и домен базовой сети LTE (EPC).

EPS обеспечивает возможность IP-соединения между MS, PLMN и внешней сетью передачи данных.

Элементы базовой сети EPC – MME, S-GW, PGW определяются как функциональные элементы сети.

MME (Mobility Management Entity) – основной элемент управления в EPC, который, по аналогии с SGSN и MSC/VLR, несет ответственность за управление мобильностью.

S-GW (Serving Gateway) – является шлюзом между базовой сетью и сетью доступа. MS, взаимодействующая с EPC, пользуется услугами только одного S-GW.

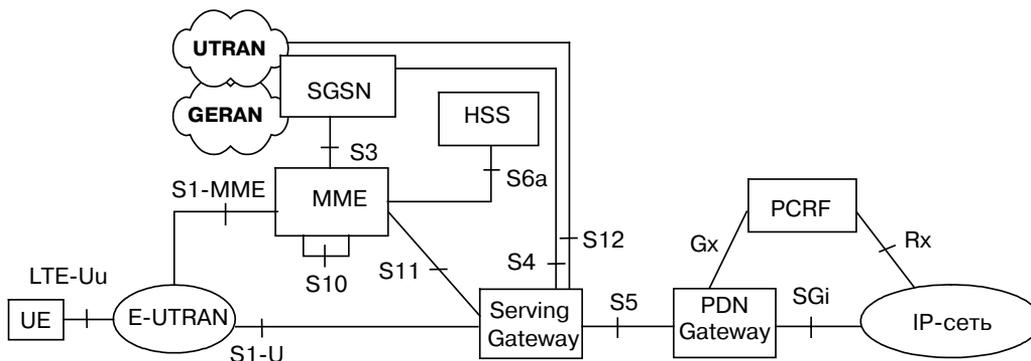


Рис. 1.5. Архитектура домена EPC при взаимодействии в домашней сети

PGW (Packet Data Networks Gateway), так же, как GGSN, осуществляет взаимодействие с внешними сетями передачи данных.

Сервер абонентских данных HSS, который также обслуживает пользователей подсистемы IMS, хранит данные и об абонентах LTE. Если пользователь одновременно зарегистрирован в сетях GSM/UMTS и LTE, то данные HSS дополняют данные HLR.

1.5. Сеть подвижной связи РФ

СПС России состоит из двух уровней – сети отдельных Операторов, оказывающих услуги мобильной связи, и транзитной сети, обеспечивающей взаимосвязь сетей разных Операторов, сетей фиксированной связи и сетей связи иностранных государств.

Сети отдельных Операторов строятся с использованием оборудования сетей поколений 2G-3G, IMS и LTE, представленного на рисунках 1.1 – 1.5. Шлюзовой коммутатор GMCS, обеспечивающий взаимодействие сети Оператора с другими сетями, должен иметь выход к MSC своей сети и сети другого Оператора, расположенной в том же субъекте федерации, к узлам транзитной сети (ТЦК, УАК), как и к узлам сети фиксированной зоной телефонной связи (УЗС) и узлам экстренных служб, той телефонной зоны сети фиксированной связи, на территории которой он находится.

Транзитная сеть состоит из транзитных центров коммутации ТЦК, размещенных во всех федеральных округах РФ и соединенных «каждый с каждым». Транзитная сеть обеспечивает перенос пользовательской и сигнальной информации между сетями отдельных Операторов мобильной связи, сетями Операторов мобильной связи и фиксированной телефонной связи, находящимися в разных субъектах федерации, и выход на международные сети.

Развитие транзитной сети сотовой подвижной связи, а также междугородной/международной сети фиксированной телефонной связи до недавнего времени осуществлялось независимо. Например, операторы МТТ и Ростелеком оказывали независимо услуги переноса транзитного трафика каждый для своей сети (мобильной и фиксированной соответственно).

В настоящее время идет конвергенция транзитных сетей фиксированной и мобильной связи, в процессе которой для пропуска транзитного трафика обеих сетей используются одни и те же транзитные узлы. Для того чтобы конвергенция

транзитных сетей стала возможной, ко всем коммутаторам, вновь устанавливаемым в транзитной сети, предъявляются требования, включающие особенности обслуживания абонентов мобильных сетей, в том числе требования к оптимальной маршрутизации, которых более подробно будут рассмотрены в следующих главах.

Рассмотрим примеры маршрутизации вызова при установлении соединений между абонентами различных сетей, причем будем считать, что мобильные абоненты находятся в домашних сетях:

- Установление соединения между абонентскими радиостанциями (MS) различных Операторов, находящихся в разных субъектах федерации, осуществляется через следующие узлы СПС:

MSA-MSC1-GMSC1-ТЦК/УАК-GMSC2-MSC2-MSB.

- Создание соединения между MS одного Оператора, находящимися в разных субъектах федерации, осуществляется через следующие узлы СПС:

MSA-MSC1-GMSC1-GMSC1'-MSC1'-MSB.

- Соединение между MS разных Операторов, которые находятся в одном субъекте федерации, осуществляется через следующие узлы СПС:

MSA-MSC1-GMSC1-GMSC2-MSC2-MSB.

- Установление соединения между MS и телефонным аппаратом (ТА) фиксированного абонента, находящимися в разных субъектах федерации:

MS-MSC-GMSC-ТЦК/УАК-УЗС-АТС-ТА.

- Путь установления соединения между MS и ТА фиксированного абонента, находящимися в одном субъекте федерации:

MS-MSC-GMSC-УЗС-АТС-ТА.

В приведенных примерах «MSC1» и «MSC2» узлы, относящиеся к разным Операторам, а «MSC1» и «MSC1'» – узлы, относящиеся к одному Оператору, но находящиеся в разных субъектах федерации.

Глава 2. Архитектура сети MAP

2.1. Задачи протокола MAP

Функционирование сетей сотовой подвижной связи стандартов GSM/GPRS/UMTS основано на использовании комплекса протоколов, обеспечивающих выполнение различных услуг. Подсистема ISUP, например, реализует услугу установления, поддержания и разрушения телефонного соединения для передачи речи. Подсистема приложений мобильной связи MAP, в свою очередь, отвечает за предоставление следующих услуг:

- поддержка мобильности абонента (обновление местонахождения MS, поиск MS, управление доступом, реализация процедуры хэндовера, аутентификация MS, управление защитой информации, идентификация оборудования мобильного терминала, услуги управления абонентами, идентификация MS, услуги восстановления повреждений, услуги управления абонентской информацией);
- обслуживание соединения (передача информации маршрутизации, выделение роумингового номера, возобновление обработки вызова, услуга группового соединения и др.);
- дополнительных услуг;
- передача коротких сообщений;
- определение местонахождения;
- техническая эксплуатация.

Поддержка подсистемой MAP перечисленных услуг обеспечивает реализацию таких известных процедур, как роуминг, хэндовер, функции оптимальной маршрутизации вызова. Процедура роуминга – это предоставление услуг связи мобильному абоненту, находящемуся вне зоны действия домашней сети или зоны обслуживания домашнего MSC, путем использования ресурсов другой сети или другого MSC. Предоставление услуги национального и международного роуминга с первых лет функционирования СПС вносит весомый вклад в доход любого Оператора мобильной связи.

Важной процедурой, реализуемой с помощью подсистемы MAP, является также хэндовер.

Хэндовер – это передача обслуживания MS в процессе разговора из одной соты в другую (от одной базовой станции к другой) без прерывания связи. При этом базовые станции могут принадлежать одному или разным контроллерам, подключенным к одному или к разным MSC.

Важно подчеркнуть, что протокол MAP не только обеспечивает обмен информацией между сотовыми сетями или элементами внутри одной сети, но и организует дистанционную активизацию тех или иных операций, то есть активизирует услуги в сотовой сети, которой принадлежит абонент, с помощью сообщений, поступающих из другой сотовой сети, и сообщает в обратном направлении результат активизации тех или иных услуг.

В подсистеме IMS, в сети стандарта LTE для оказания услуг, аналогичных услугам MAP, используются другие протоколы, такие как SIP (Session Initiation Protocol), Diameter, GTP (только в LTE).

2.2. Объекты сети MAP

Итак, обеспечение функций мобильности, а также реализация других услуг, необходимых при обслуживании мобильных абонентов, осуществляется в процессе взаимодействия между функциональными объектами СПС (пользователями услуг MAP) с помощью сообщений подсистемы MAP. Элементы сети могут быть реализованы в разном оборудовании или интегрированы в одном, но в любом случае обмен данными между ними происходит с помощью сообщений MAP.

2.2.1. Опорный регистр HLR

Home Location Register – этот функциональный объект представляет собой базу данных, в которой хранятся постоянные и переменные, обязательные и опциональные данные обо всех абонентах, которые подписались на предоставление услуг мобильной связи GSM/GPRS/UMTS у данного Оператора.

В сети Оператора может быть от одного до нескольких HLR, в зависимости от емкости сети и HLR. Взаимодействие HLR с элементами сети GSM/GPRS/UMTS, а также Интеллектуальной сети происходит с использованием подсистемы MAP через интерфейсы, которые показаны на рис. 2.1.

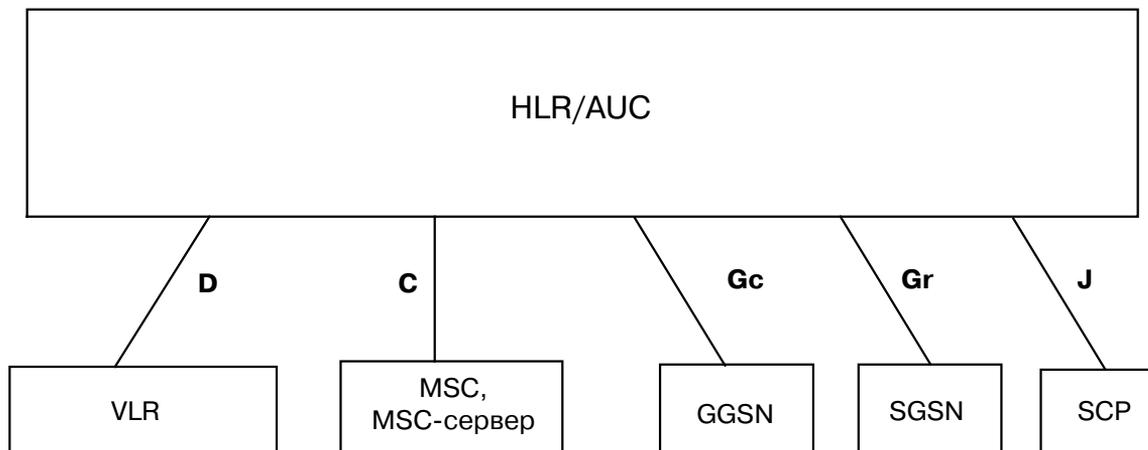


Рис. 2.1. Взаимодействие HLR с элементами сети GSM/GPRS/UMTS

В табл. 2.1 приведены абонентские данные, которые хранятся в HLR для каждого абонента (IMSI), подписавшегося на предоставление услуг мобильной связи у данного Оператора, и используются при обслуживании MS в домене CS.

Таблица 2.1. Информация HLR, используемая для доступа MS к сети СПС в домене CS

Абонентские данные	Тип параметра	Тип данных
1	2	3
Международный идентификатор MS (IMSI)	Обязательный	Постоянные
Режим доступа к сети (<i>Network Access Mode</i>)	Обязательный	Постоянные
Международный номер MS в сети ISDN (MSISDN)	Обязательный	Постоянные
Местный идентификатор MS (LMSI)	По условию	Временные
Категория MS	Обязательный	Постоянные
Международный идентификатор оборудования MS и версия программного обеспечения (IMEISV)	По условию	Постоянные
Параметры аутентификации и шифрования: произвольное число (RAND), ответ (SRES) и ключ шифрования (Kc) (для стандарта GSM 900/1800)	Обязательный	Временные
Параметры аутентификации и шифрования: произвольное число (RAND), ожидаемый ответ (XRES), ключ шифрования (CK), ключ целостности (IK) и символ аутентификации (AUTN) (для стандарта UMTS)	Обязательный	Временные
Номер VLR	Обязательный	Временные
Номер MSC (MSC-сервера)	Обязательный	Временные
Ограничения в обслуживании MS (<i>Subscription restriction</i>)	По условию	Постоянные
Списки идентификаторов региональных зон (RSZI), в которых разрешено обслуживание MS (<i>RSZI lists</i>)	По условию	Постоянные
Флаг «Зона обслуживания MSC с ограничениями (без ограничений) для MS» (<i>MSC area restricted flag</i>)	Обязательный	Временные
Ограничения Операторам для входящих и исходящих вызовов в случае роуминга (<i>Operator Determined Barring (ODB)-induced barring data</i>)	По условию	Временные
Ограничения обслуживания MS в случае роуминга из-за неподдерживаемых услуг (<i>Roaming restriction due to unsupported feature</i>)	Обязательный	Временные
Список разрешенных локализованных зон обслуживания (LSA ID)	По условию	Постоянные
Приоритетность LSA	По условию	Постоянные
Индикатор предпочтительного варианта доступа LSA		
Индикатор поддержки активного режима LSA	По условию	Постоянные
Индикатор «только доступ» LSA	По условию	Постоянные
Индикатор активного режима LSA	По условию	Постоянные
Список идентификаторов гостевых СПС, в которых имеются локализованные зоны обслуживания	По условию	Постоянные
Данные ограничения доступа (<i>Access Restriction Data</i>)	Обязательный	Постоянные
Зона поиска (<i>Paging Area</i>)	По условию	Временные
Обеспечение услугами передачи информации (<i>Provision of bearer service</i>)	Обязательный	Постоянные
Обеспечение услугами связи (<i>Provision of teleservice</i>)	Обязательный	Постоянные

Окончание таблицы 2.1

1	2	3
Распределение возможностей передачи информации (<i>Bearer capability allocation</i>)	По условию	Постоянные
Обязательный индикатор проверки дополнительных услуг (<i>Check SS indicator</i>)	Обязательный	Временные
Флаг наличия данных в VLR (<i>MS purged for non-GPRS flag</i>)	Обязательный	Временные
Флаг наличия запретов для MS (<i>Subscriber status</i>)	По условию	Постоянные
Запрет исходящих вызовов (<i>Barring of outgoing calls</i>)	По условию	Постоянные
Запрет входящих вызовов (<i>Barring of incoming calls</i>)	По условию	Постоянные
Запрет роуминга (<i>Barring of roaming</i>)	По условию	Постоянные
Запрет информационных услуг за дополнительную плату (<i>Barring of premium rate calls</i>)	По условию	Постоянные
Запрет управления дополнительными услугами (<i>Barring of supplementary services management</i>)	По условию	Постоянные
Запрет регистрации переадресации вызова (<i>Barring of registration of call forwarding</i>)	По условию	Постоянные
Запрет активизации перенаправления вызова на номер (<i>Barring of invocation of call transfer</i>)	По условию	Постоянные
Запрет, вводимый Оператором – данные, относящиеся к конкретной сети СПС (<i>Operator determined barring PLMN-specific data</i>)	По условию	Постоянные
Данные, связанные с доставкой коротких сообщений (<i>Data related to short message support</i>)	По условию	Временные
Ссылочный номер трейса	По условию	Постоянные
Тип трейса	По условию	Постоянные
Идентификация операционных систем	По условию	Постоянные
Тип трейса HLR	По условию	Постоянные
Ошибка при обмене сообщениями MAP	По условию	Временные
Трейс, активизированный в VLR	По условию	Временные
Ссылка трейса 2	По условию	Постоянные
Данные трейса	По условию	Постоянные
Список элементов сети (NE) в трейсе	По условию	Постоянные
События, регистрируемые в трейсе	По условию	Постоянные
Список интерфейсов трейса для NE	По условию	Постоянные
Данные системы учета стоимости	По условию	Постоянные

В регистре HLR хранятся соответствующие каждой MS международный идентификатор мобильного абонента IMSI, номер мобильной станции в сети ISDN MSISDN, категория MS, международный идентификатор мобильного оборудования IMEI и программного обеспечения IMEISV, местный идентификатор

мобильного абонента LMSI (все эти идентификаторы подробно рассматриваются в следующих разделах) и другая информация, такая как данные о текущем местонахождении MS (номер VLR, MSC), о подписке ее владельца на базовые услуги связи, об ограничениях обслуживания (например, об ограничениях при роуминге), список разрешенных дополнительных услуг, а также связанные с этими услугами параметры.

Центр аутентификации AuC, как правило, реализуется как составная часть HLR. Это делается потому, что хотя в СПС предусмотрен интерфейс между AuC и HLR, и у него даже есть свое наименование, интерфейс H, но он никогда не был достаточно подробно специфицирован для автономного объекта. Единственная функция AuC – вычисление, хранение и предоставление данных для проведения аутентификации. Более подробная информация об AuC содержится в разделе 2.2.10.

В процессе обслуживания вызова, предоставления услуг, обеспечения функций мобильности HLR осуществляет обмен данными с MSC (MSC-сервером)/VLR зоны обслуживания, в которой зарегистрирована MS, с GMSC (GMSC-сервером) опорной сети или сети, опрашивающей (Interrogated) опорный регистр для получения данных о местонахождении MS. HLR взаимодействует также с элементами домена PS – SGSN, GGSN. Именно в HLR производятся любые необходимые изменения абонентских данных со стороны Оператора сети.

2.2.2. Гостевой регистр VLR

Visitor Location Register, подобно регистру HLR, тоже является базой данных, но его назначение иное. VLR осуществляет хранение и обновление данных абонентов, временно находящихся в зоне обслуживания MSC, к которому приписан данный VLR. При регистрации абонента в зоне обслуживания MSC, приписанный к нему VLR, осуществляет запрос данных об абоненте у HLR, в котором хранится информация об MS. В некоторых случаях при перемещении абонента из зоны обслуживания одного MSC в зону обслуживания другого обмен данными об абоненте осуществляется между VLR предыдущей зоны и VLR места прибытия MS.

VLR обычно связан с одним MSC (MSC-сервером), хотя стандарт GSM/GPRS/UMTS позволяет одному VLR обслуживать несколько коммутаторов. Изначально намечалось специфицировать MSC и VLR как независимые сетевые элементы. Однако когда в 1991 году были введены в эксплуатацию первые сис-

темы GSM, многочисленные недостатки протокола взаимодействия между MSC и VLR заставили производителей применять собственные решения. По этой причине интерфейс между MSC и VLR, интерфейс В, в спецификациях GSM второго этапа не упоминается. Рекомендация GSM теперь содержит только некоторые основные указания относительно того, какие сообщения передаются через этот интерфейс.

При регистрации абонента в зоне обслуживания MSC (MSC-сервера) в VLR из HLR переносятся практически все данные о MS. В таблицах регистра VLR имеются и отсутствующие в HLR параметры, необходимые для обслуживания абонента, такие как временный идентификатор мобильной станции TMSI, идентификатор зоны местонахождения (location area), в которой зарегистрирована MS - LAI, роуминговый номер MSRN.

В табл. 2.2 приведены данные, хранящиеся в VLR и используемые при обслуживании MS в домене CS.

Таблица 2.2. Данные VLR для режима доступа MS к сети СПС в домене CS

Абонентские данные	Тип параметра	Тип данных
1	2	3
Международный номер MS (IMSI)	Обязательный	Постоянные
Международный номер MS в сети ISDN (MSISDN)	Обязательный	Постоянные
Временный идентификатор MS (TMSI)	По условию	Временные
Местный идентификатор MS (LMSI)	По условию	Временные
Категория мобильной станции	Обязательный	Постоянные
Международный идентификатор оборудования MS и версия программного обеспечения (IMEISV)	По условию	Временные
Параметры аутентификации и шифрования: произвольное число (RAND), ответ (SRES) и ключ шифрования (Kc) (для стандарта GSM 900/1800)	Обязательный	Временные
Параметры аутентификации и шифрования: произвольное число (RAND), ожидаемый ответ (XRES), ключ шифрования (СК), ключ целостности (ИК) и символ аутентификации (AUTN) (для стандарта UMTS)	Обязательный	Временные
Порядковый номер ключа шифрования Kc (CKSN) (для MS стандарта GSM 900/1800)	Обязательный	Временные
Идентификатор набора ключей СК и ИК (для стандарта UMTS)	Обязательный	Временные
Роуминговый номер MS (MSRN)	По условию	Временные
Идентификатор зоны местонахождения MS (LAI)	Обязательный	Временные
Номер MSC (MSC-сервера)	По условию	Временные
Номер HLR	По условию	Временные