

СПС

АКАДЕМИЯ

СОВРЕМЕННЫХ

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ

ТЕХНОЛОГИЙ

СПС Сети подвижной связи

СПС.8 Технические характеристики и состав оборудования цифровых стандартов GSM

(количество частей – 1, число страниц - 16)

СПС.8

Сотовые сети подвижной связи предназначены для обеспечения радиосвязью большого числа подвижных абонентов с выходом в сеть связи общего пользования. Свое название они получили в соответствии с сотовым принципом организации связи, согласно которому зона обслуживания (территория города или региона) делится на ячейки (соты). Ресурсы сотовых сетей подвижной связи используются в интересах широких слоев населения. Федеральная сеть сотовой подвижной связи стандартов GSM900 и GSM1800 создана и развивается как составная часть сети связи общего пользования Российской Федерации. Сеть GSM относится к сотовым сетям мобильной связи второго поколения 2G/2,5G, взаимодействуя со стационарной телефонной сетью общего пользования и другими сетями связи, входящими в состав Взаимоувязанной сети связи России.

Федеральная сеть GSM обеспечивает:

использование стандартов GSM всеми операторами, создающими эту сеть;
покрытие радиосвязью большей части территории Российской Федерации;
обеспечение высокого качества предоставляемых услуг в соответствии с национальными и международными нормами;

предоставление пользователям услуг местной, междугородной и международной телефонной связи с обеспечением национального и международного роуминга;

предоставление доступа к экстренным специальным службам, в том числе в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций на обслуживаемых территориях;

присоединение к сети ТфОП на междугородном уровне с нумерацией сетей сотовой подвижной связи в кодах негеографических зон нумерации (DEF).

Стандарт GSM на цифровую общеевропейскую (глобальную) сотовую систему наземной подвижной связи предусматривает работу передатчиков в двух диапазонах частот. Полоса частот 890-915 МГц используется для передачи сообщений с подвижных станций на базовые станции, а полоса частот 935-960 МГц - для передачи сообщений с базовых станций на подвижные станции (рис. 1 и табл. 1). По аналогии со спутниковыми каналами направление передачи от абонентского аппарата к базовой станции называется восходящим (Upload), а направление от базовой станции к абонентскому аппарату - нисходящим (Download). При переключении каналов во время сеанса связи разность между этими частотами

постоянна и равна 45 МГц. Разнос частот между соседними каналами связи составляет 200 кГц. Таким образом, в отведенной для приема/передачи полосе частот шириной 25 МГц размещаются 124 канала связи. Этим каналам присваиваются номера (N) от 0 до 123. Значения несущих частот для восходящего (Ful) и для нисходящего (Fdl) направлений каждого из каналов можно вычислить по формулам: $Ful(n) = 890,2 + 0,2 \cdot (n-1)$, МГц и $Fdl(N) = Ful(n) + 45$, МГц. Для стандарта GSM-1800 эти выражения будут выглядеть так: $Ful(n) = 1710,2 + 0,2 \cdot (n-512)$, МГц и $Fdl(n) = Ful(n) + 95$, МГц.

В стандарте GSM используется узкополосный многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA). Это позволяет на одной несущей частоте разместить одновременно 8 речевых каналов. В качестве речепреобразующего устройства используется речевой кодек PRE-LTP с регулярным импульсным возбуждением и скоростью преобразования речи 13 кбит/с. Для защиты от ошибок в радиоканалах при передаче информационных сообщений применяется блочное и сверточное кодирование с перемежением. Повышение эффективности кодирования при малой скорости перемещения подвижных станций достигается медленным переключением рабочих частот в процессе сеанса связи со скоростью 217 скачков в секунду. Для борьбы с интерференционными замираниями принимаемых сигналов, вызванными многолучевым распространением радиоволн в условиях города, в аппаратуре связи используются эквалайзеры, обеспечивающие выравнивание импульсных сигналов со среднеквадратическим отклонением времени задержки до 16 мкс.

Система синхронизации оборудования рассчитана на компенсацию абсолютного времени задержки сигналов до 233 мкс, что соответствует максимальной дальности связи или максимальному радиусу ячейки (соты) 35 км.

В стандартах GSM900 и GSM1800 достигается высокая степень безопасности передачи сообщений, осуществляется шифрование сообщений по алгоритму шифрования с открытым ключом (RSA). Система связи стандарта GSM может быть использована в различных сферах. Она предоставляет пользователям широкий диапазон услуг и возможность применять разнообразное оборудование для передачи речевых сообщений и данных, вызывных и аварийных сигналов; подключаться к телефонным сетям общего пользования PSTN, сетям передачи данных PDN и цифровым сетям с интеграцией служб ISDN.



Рис. 1. Распределение частот в стандартах GSM900 и GSM1800

Таблица 1. Основные характеристики стандартов GSM900 и GSM1800

Стандарт	GSM 900	GSM 1800
Частоты передачи подвижной станции и приема базовой станции, МГц	890-915	1710-1785
Частоты приема подвижной станции и передачи базовой станции, МГц	935-960	1805-1880
Дуплексный разнос частот приема и передачи, МГц	45	95
Скорость передачи сообщений в радиоканале, Кбит/с	270,833	270,833
Скорость преобразования речевого кодека, Кбит/с	13	13
Ширина полосы канала связи, кГц	200	200
Максимальное количество каналов связи	124	374

Таблица 1. (Продолжение)

Максимальное количество каналов, организуемых в базовой станции	16-20	
Количество временных интервалов на несущую	8	8
Вид модуляции	GMSK	GMSK
Количество скачков по частоте в секунду	217	217
Вид речевого кодека	RPE-LTP	RPE-LTP
Обычный радиус соты, км	0.3 - 35	0.1 – 15
Схема организации каналов	TDMA/FDMA	TDMA/FDMA
Мощность приемопередатчика подвижной станции, Вт	0.8 и 8	0.25 и 1

Функциональное построение и интерфейсы, принятые в стандарте GSM, иллюстрируются структурной схемой (рис. 2), на которой показаны:

центр коммутации подвижной связи MSC Mobile Switching Center(MSC); оборудование базовой станции Base Station System (BSS); центр управления и обслуживания Operations and Maintenance Center (OMC); подвижные станции пользователей Mobile Stations (MS).

Функциональное сопряжение элементов системы осуществляется рядом интерфейсов. Все сетевые функциональные компоненты в стандарте GSM взаимодействуют в соответствии с системой сигнализации по общему каналу ОКCN^о 7.

Центр коммутации подвижной связи MSC обслуживает группу сот и обеспечивает все виды соединений, в которых нуждается в процессе работы подвижная станция. Каждый MSC обеспечивает обслуживание подвижных абонентов, расположенных в пределах определенной зоны (например, часть территории Москвы или области). Для телефонной сети общего пользования MSC обеспечивает функции сигнализации по ОКCN^о 7, передачи вызова и другие виды взаимодействия в соответствии с требованиями конкретного проекта.

По своим функциям MSC аналогичен системе коммутации; обеспечивает сопряжение между сетями фиксированной связи и сетью подвижной связи. MSC обеспечивает маршрутизацию вызовов и функции управления вызовами. Характерной для MSC функцией является функция коммутации радиоканалов во время разговора:

при “эстафетной передаче” (handover), в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении подвижной станции из одной ячейки сети в другую за счет перехода на радиоканал трафика в ячейке перемещения;

при переключении каналов в соте из-за появления помех или неисправностей.

Эстафетная передача вызовов в сотах, управляемых одним контроллером базовых станций (BSC), осуществляется этим контроллером. В стандарте GSM предусмотрены процедуры передачи вызова между сетями, относящимися к разным MSC.

Центр MSC выполняет также следующие задачи:

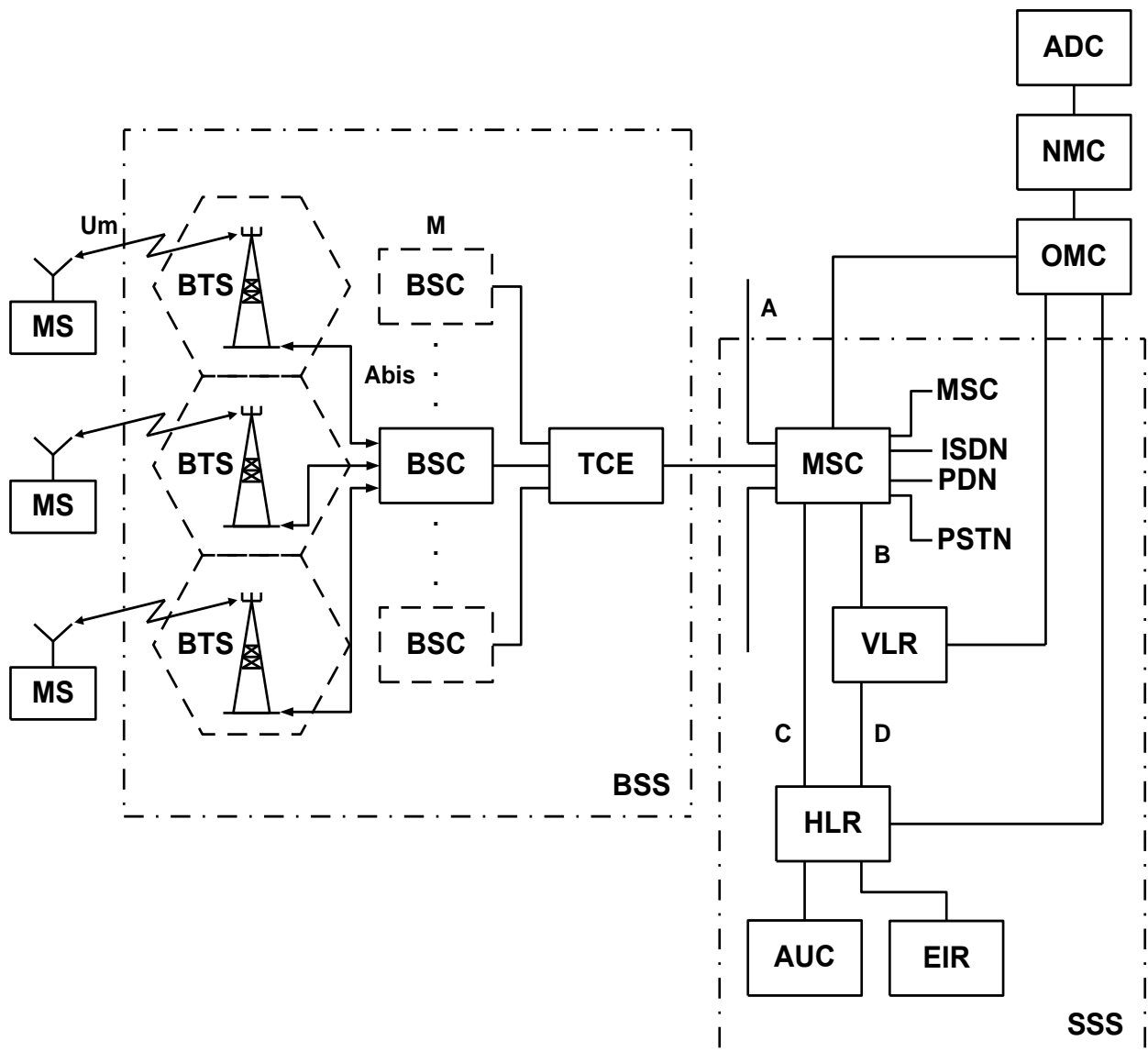
формирует данные для выписки счетов за предоставленные сетью услуги связи;

накапливает данные по разговорам и передает их в биллинг - центр;

составляет статические данные для контроля работы и оптимизации сети;

поддерживает процедуры безопасности для доступа к радиоканалам;

управляет процедурами регистрации местоположения и эстафетной передачи.



MS - подвижная станция
BTS - базовая станция
BSC - контроллер базовой станции
TSE - транскодер
BSS - оборудование базовой станции (BSC+TCE+BTS)
MSC - центр коммутации подвижной связи
HLR - регистр положения
VLR - регистр перемещения
AUC - центр аутентификации

EIR- регистр идентификации оборудования
OMC - центр управления и обслуживания
NMC - центр управления сетью
ADC - административный центр
PSTN - телефонная сеть общего пользования
PDN - сети пакетной передачи
ISDN - цифровые сети с интеграцией служб
SSS - подсистема коммутации

Рис. 2. Состав оборудования сети стандарта GSM 900

В **регистрах положения (HLR)** храниться та часть информации о местоположении подвижных станций, которая позволяет центру коммутации доставить вызов. **Регистр перемещения (VLR)** содержит международный идентификационный номер подвижного абонента (IMSI), который используется для опознавания подвижной станции в центре аутентификации (AUC), а также данные, перечень которых представлен на рис. 3.

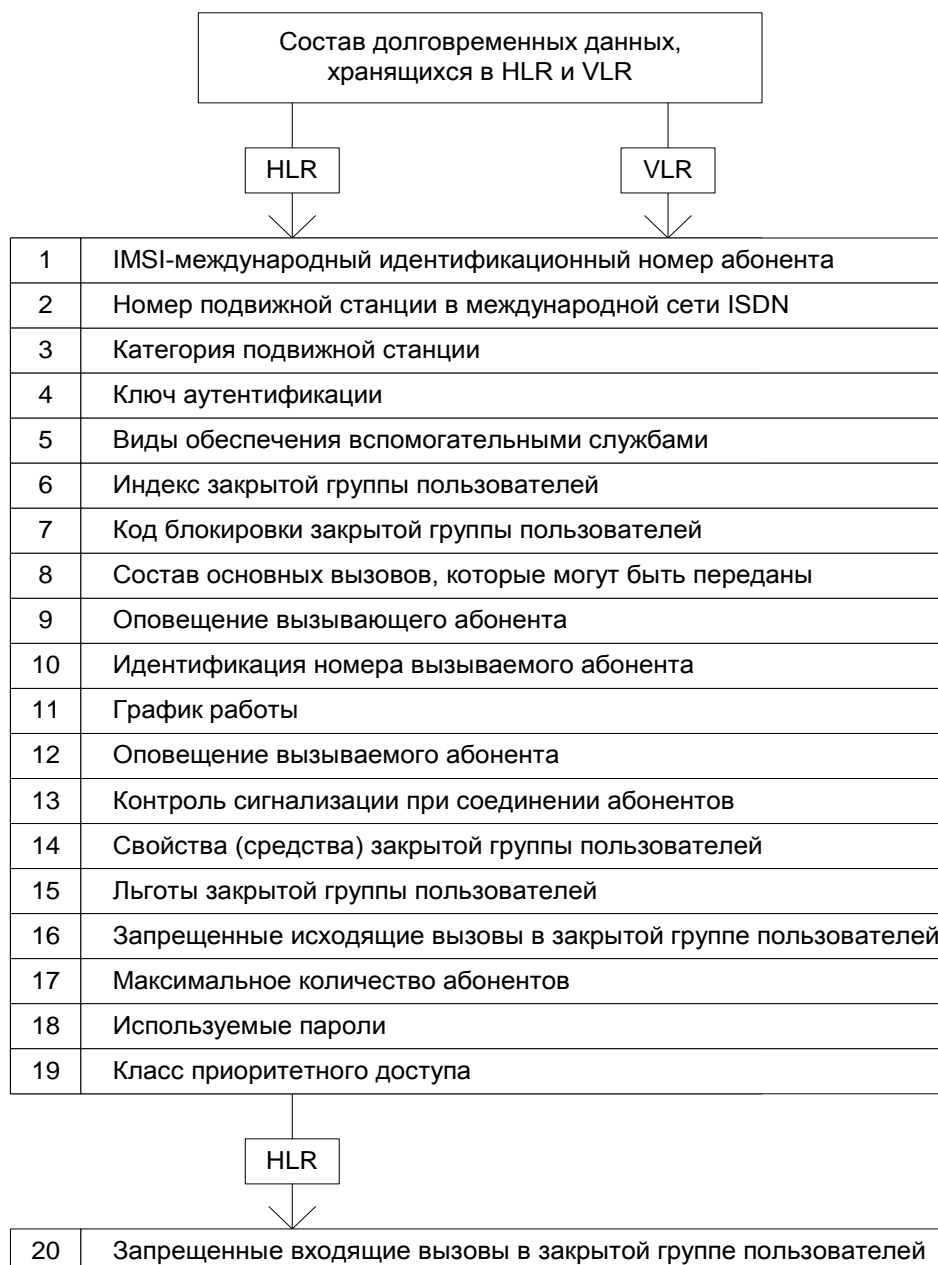


Рис. 3. Состав долговременных данных, хранящихся в HLR и VLR

Фактически HLR представляет собой справочную базу данных о постоянно зарегистрированных в сети абонентах. В ней содержатся опознавательные номера и адреса, а также параметры подлинности абонентов, состав услуг связи, специальная информация о маршрутизации. Ведется регистрация данных о роуминге абонента, включая данные о временном идентификационном номере подвижного абонента (TMSI) и соответствующем VLR.

Данные HLR дистанционно используют все MSC и VLR сети. Если в сети имеются несколько HLR, в базе данных содержится только одна запись об абоненте, поэтому каждый HLR представляет собой определенную часть общей базы данных сети об абонентах. Доступ к базе данных об абонентах осуществляется по номеру IMSI и MSISDN (номеру подвижного абонента в сети ISDN). Для обеспечения межсетевого роуминга к базе данных могут получить доступ MSC и VLR других сетей.

Второе основное устройство, обеспечивающее контроль за передвижением подвижной станции из зоны в зону, - это регистр перемещения VLR. С его помощью достигается функционирование подвижной станции за пределами зоны, контролируемой HLR. В целом VLR представляет собой базу данных о подвижном абоненте для той зоны, где находится абонент, что позволяет исключить постоянные запросы в HLR и сократить время на обслуживание вызовов.

Когда в процессе перемещения подвижная станция переходит из зоны действия одного контроллера базовой станции BSC, объединяющего группу базовых станций, в зону действия другого BSC, она регистрируется новым контроллером BSC, и в VLR заносится информация о номере области связи, которая обеспечит доставку вызовов подвижной станции. Для сохранности данных, находящихся в HLR и VLR, в случае сбоя предусмотрена защита устройств памяти этих регистров. Состав временных данных, хранящихся в регистрах HLR и VLR, приведен на рис. 4. Регистр VLR содержит такие же данные, как и HLR, однако эти данные содержатся в VLR только до тех пор, пока абонент находится в зоне, контролируемой данным VLR.

В сети подвижной связи GSM соты группируются в географические зоны (LA), которым присваивается свой идентификационный номер (LAC). Каждый VLR содержит данные об абонентах в нескольких LA. Когда подвижный абонент перемещается из одной LA в другую, данные о его местоположении автоматически обновляются в VLR. Если старая и

новая географические зоны LA находятся под управлением различных VLR, то данные на старом VLR стираются после их копирования в новой VLR. Текущий адрес VLR абонента, содержащийся в HLR, также обновляется. Регистр VLR обеспечивает присвоение номера “блуждающей” подвижной станции (MSRN). Когда подвижная станция принимает входящий вызов, VLR выбирает MSRN и передает его на MSC, который осуществляет маршрутизацию этого вызова к базовым станциям, находящимся рядом с подвижным абонентом. VLR распределяет номера передачи управления при передаче соединений от одного MSC к другому. VLR управляет процедурами установления подлинности во время обработки вызова.



Рис. 4. Состав временных данных, хранящихся в HLR и VLR

Для исключения несанкционированного использования ресурсов сети связи GSM вводятся **механизмы аутентификации** – удостоверения подлинности абонента. Центр аутентификации состоит из нескольких блоков и формирует ключи и алгоритмы аутентификации. С его помощью проверяются полномочия абонента, и осуществляется его

доступ к сети связи. AUC принимает решения о параметрах процесса аутентификации и определяет ключи шифрования абонентских станций на основе базы данных, сосредоточенной в регистре идентификации оборудования (EIR – Equipment Identification Register).

Каждый подвижный абонент за время пользования системой связи получает стандартный модуль подлинности абонента (SIM), который содержит: международный идентификационный номер (IMSI), свой индивидуальный ключ аутентификации (Ki), алгоритм аутентификации (A3). С помощью записанной в SIM информации в результате взаимного обмена данными между подвижной станцией и сетью осуществляется полный цикл аутентификации и разрешается доступ абонента к сети.

Процедура проверки сетью подлинности абонента реализуется следующим образом. Сеть передает случайный номер (RAND) на подвижную станцию. На ней с помощью Ki и алгоритма аутентификации A3 определяется значение отклика (SPES):

$$SPES = Ki*[RAND].$$

Подвижная станция посылает вычисленное значение SPES в сеть, которая сверяет значение принятого отклика SPES со значением SPES, вычисленным сетью. Если оба значения совпадают, подвижная станция приступает к передаче сообщений. В противном случае связь прерывается, и индикатор подвижной станции показывает, что опознавание не состоялось. Для обеспечения секретности вычисление SPES происходит в рамках SIM. Несекретная информация (например, Ki) не подвергается обработке в модуле SIM.

Регистр идентификации оборудования EIR содержит централизованную базу данных для подтверждения подлинности международного идентификационного номера оборудования подвижной станции (IMEI). Эта база данных относится исключительно к оборудованию подвижной станции. К базе данных EIR получают дистанционный доступ MSC данной сети, а также MSC других подвижных сетей. Как и в случае с HLR, сеть может иметь более одного EIR, при этом каждый EIR управляет определенными группами IMEI. В состав MSC входит транслятор, который при получении номера IMEI возвращает адрес EIR, управляющий соответствующей частью базы данных об оборудовании. База данных EIR состоит из списков номеров IMEI, организованных следующим образом:

БЕЛЫЙ СПИСОК содержит номера IMEI, о которых есть сведения, что они закреплены за санкционированными подвижными станциями.

ЧЕРНЫЙ СПИСОК содержит номера IMEI подвижных станций, которые украдены или которым отказано в обслуживании по другой причине.

СЕРЫЙ СПИСОК содержит номера IMEI подвижных станций, у которых существуют проблемы, выявленные по данным программного обеспечения, что не является основанием для внесения в “черный список”.

Межсетевой функциональный стык IWF является одной из составных частей MSC. Он обеспечивает абонентам доступ к средствам преобразования протокола и скорости передачи данных так, чтобы можно было передавать их между его терминальным оборудованием (DIE) сети GSM и обычным терминальным оборудованием фиксированной сети. Межсетевой функциональный стык также “выделяет” модем из своего банка оборудования для сопряжения с соответствующим модемом фиксированной сети.

Эхоподавитель ES используется в MSC со стороны PSTN для всех телефонных каналов (независимо от их протяженности) из-за физических задержек в трактах распространения сетей GSM (включая радиоканал). Типовой эхоподавитель может обеспечивать подавление в интервале 68 миллисекунд на участке между выходом ЕС и телефоном фиксированной телефонной сети. Общая задержка в канале GSM при распространении в прямом и обратном направлениях, вызванная обработкой сигнала, кодированием/декодированием речи, канальным кодированием, составляет около 180 мс. Эта задержка была бы незаметна подвижному абоненту, если бы в телефонный канал не был включен гибридный трансформатор с преобразованием тракта с двухпроводного на четырехпроводный режим, установка которого необходима в MSC, так как стандартное соединение с PSTN является двухпроводным. При реализации соединения между двумя абонентами фиксированной сети эхо-сигналы отсутствуют. Без включения ЕС задержка от распространения сигналов в тракте GSM будет вызывать раздражение абонентов, прерывать речь и отвлекать внимание.

Центр эксплуатации и технического обслуживания ОМС обеспечивает контроль и управление компонентами сети и контроль качества ее работы. ОМС обрабатывает аварийные сигналы, предназначенные для оповещения обслуживающего персонала, и регистрирует сведения об аварийных ситуациях на сети. В зависимости от характера

неисправности ОМС позволяет обеспечить ее устранение автоматически или при активном вмешательстве персонала. ОМС может обеспечить проверку состояния оборудования сети и проверку результатов прохождения вызова подвижной связи. Функция эффективного управления нагрузкой в ОМС включает сбор статистических данных о нагрузке от компонентов сети GSM, записи их в специальные файлы и вывод на дисплей для визуального анализа. ОМС обеспечивает управление изменениями в программном обеспечении и в базах данных о конфигурации элементов сети. Центр ОМС соединяется с другими компонентами сети GSM по каналам пакетной передачи протокола X.25. Может производиться загрузка программного обеспечения в память из ОМС в другие элементы сети или из них в ОМС.

Центр управления сетью NMC позволяет обеспечивать рациональное иерархическое управление сетью GSM. Он обеспечивает эксплуатацию и техническое обслуживание на уровне всей сети, поддерживаемой центрами ОМС, которые отвечают за управление региональными сетями. NMC обеспечивает управление трафиком во всей сети и обеспечивает диспетчерское управление сетью при сложных аварийных ситуациях (например, при выходе из строя или при перегрузке узлов сети). Кроме того, он контролирует состояние устройств автоматического управления, задействованных в оборудовании сети, и отражает состояние сети для операторов NMC на дисплее. Таким образом, персонал NMC знает состояние всей сети и может дать указание персоналу ОМС изменить стратегию решения региональной проблемы.

Персонал NMC концентрирует внимание на маршрутах синхронизации и соединениях между узлами с тем, чтобы не допускать условий для возникновения перегрузки в сети. Контролируются также маршруты соединений между сетью GSM и PSTN во избежание распространения условий перегрузки между сетями. При этом персонал NMC координирует вопросы управления сетью с персоналом других NMC. Операторы NMC в экстремальных ситуациях могут задействовать такие процедуры управления, как “приоритетный доступ”, когда только абоненты с высоким приоритетом (экстренные службы) могут получить доступ к системе. Персонал NMC может брать на себя ответственность в каком-либо регионе, когда местный ОМС является необслуживаемым, при этом ОМС действует в качестве транзитного пункта между NMC и оборудованием сети.

Оборудование базовой станции BSS, состоит из контроллера базовой станции Base Station Controller (BSC) и приемо-передающих базовых станций Base Terminal System

(BTS). Контроллер базовой станции BSC может управлять несколькими приемо-передающими блоками BTS.

Базовые приемо-передающие станции BTS стандарта GSM обеспечивают:

прерывистую передачу/прием радиосигналов в соответствии со структурой цифрового информационного потока между BSS и MS в стандарте GSM;

скачкообразную перестройку частоты для реализации режима SFH;

контроль электропитания.

BSS управляет распределением радиоканалов, контролирует соединения, регулирует их очередность, обеспечивает режим работы с “прыгающей частотой”, модуляцию и демодуляцию сигналов, кодирование и декодирование сообщений, кодирование речи, адаптацию скорости передачи для речи, данных и вызова, определяет очередность передачи сообщений персонального вызова. Оборудование BSS выполняет некоторые функции совместно с MSC, HLR, VLR (например, освобождение канала под контролем MSC, причем MSC может запросить базовую станцию обеспечить освобождение канала, если вызов не проходит из-за радиопомех). BSS и MSC совместно осуществляют приоритетную передачу информации для некоторых категорий подвижных станций.

Транскодер TCE обеспечивает преобразование выходных сигналов канала передачи речи и данных MSC (потoki вида E0 со скоростью 64 кбит/с) к виду, соответствующему рекомендациям GSM по радиоинтерфейсу (Рек. GSM 04.08). В соответствии с этими требованиями скорость передачи речи, представленной в цифровой форме, составляет 13 кбит/с. Такой канал передачи цифровых речевых сигналов называется “полноскоростным”. Стандартом предусматривается в перспективе использование полускоростного речевого канала (скорость передачи 6,5 кбит/с).

Снижение скорости передачи в транскодере обеспечивается применением специального речепреобразующего устройства, использующего линейное предикативное кодирование, долговременное предсказание, остаточное импульсное возбуждение. Транскодер обычно располагается в непосредственной близости от MSC. Тогда передача цифровых сообщений в направлении к контроллеру базовых станций BSC ведется с добавлением к потоку со скоростью передачи 13 кбит/с, дополнительных битов (стаффинг) до скорости передачи данных 16 кбит/с. Затем осуществляется уплотнение с кратностью 4 в

стандартный канал 64 кбит/с. То есть формируется определенная Рекомендациями GSM тридцати – канальная ИКМ линия, обеспечивающая передачу 120 речевых каналов. Шестнадцатый канал со скоростью 64 кбит/с выделяется для передачи информации сигнализации и часто содержит трафик ОКС№ 7.

Подвижная станция MS состоит из оборудования, которое служит для организации доступа абонентов сетей GSM к существующим фиксированным сетям электросвязи. В рамках стандарта GSM приняты пять классов подвижных станций от модели 1-го класса с выходной мощностью 20 Вт, устанавливаемой на транспортном средстве, до портативной модели 5-го класса, максимальной мощностью 0,8 Вт. При передаче сообщений предусматривается адаптивная регулировка мощности передатчика, обеспечивающая требуемое качество связи. Оборудование MS обеспечивает функции, связанные с управлением на уровне радиоинтерфейса, а именно: радиопередачу и прием радиосигналов; управление радиоканалами; защиту от ошибок в радиоканале; кодирование/декодирование цифрового потока; текущий контроль и распределение данных пользователя и вызовов; адаптацию скоростей передачи в радиоканале и передачи данных на входе MS; параллельную работу терминалов; непрерывную работу в процессе движения. Каждый абонент имеет международный идентификационный номер (IMSI), записанный на его интеллектуальную карточку. Такой подход позволяет устанавливать радиотелефоны, например, в такси и автомобилях, сдаваемых на прокат. Каждой подвижной станции также присваивается свой международный идентификационный номер (IMEI). Этот номер используется для предотвращения доступа к сетям GSM похищенной станции или станции без полномочий.

Авторы: к.т.н., доцент Степанова И.В.