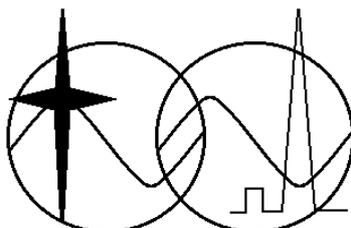


**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**  
**(ТУСУР)**

**Кафедра средств радиосвязи (СРС)**



**ИНТЕРФЕЙСЫ, ТЕРМИНАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ,**  
**СТРУКТУРА TDMA КАДРОВ**  
**И ФОРМИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ В СТАНДАРТЕ GSM**

**Учебно-методическое пособие по лабораторной работе**  
**для студентов радиотехнических специальностей**

**Составил:**  
**заведующий кафедрой СРС,**  
**профессор Мелихов С.В.**

**2012**

### **1. Цель работы**

Изучить интерфейсы, структуру служб, терминальное оборудование, структуру TDMA кадров и формирование сигналов в стандарте GSM.

### **2. Задание**

1. Ознакомиться с интерфейсами для соединения с внешними сетями.
2. Ознакомиться с внутренними интерфейсами, используемыми для соединения между различным оборудованием сетей GSM.
3. Ознакомиться с интерфейсами для соединения с внешним оборудованием.
4. Ознакомиться со структурой служб и передачей данных в стандарте GSM.
5. Ознакомиться с терминальным оборудованием и адаптерами подвижной станции.
6. Ознакомиться со структурой TDMA кадров.
7. Изучить формирование сигналов в стандарте GSM.
8. Составить отчет.

### **3. Краткая теория**

При построении цифровых сотовых систем подвижной связи (ЦССПС) рассматриваются интерфейсы трех видов:

- для соединения с внешними сетями;
- между различным оборудованием сетей GSM;
- между сетью GSM и внешним оборудованием.

Все интерфейсы полностью соответствуют требованиям рекомендаций ETSI/GSM 03.02.

**Интерфейсы с внешними сетями.** *Соединение с PSTN* (Public Switched Telephone Network – телефонная сеть общего пользования – ТСОП, ТфОП). Соединение с телефонной сетью общего пользования осуществляется MSC (Mobile Switching Centre – центр коммутации подвижной связи;) по линии связи 2 Мбит/с в соответствии с системой сигнализации SS № 7. Электрические характеристики 2 Мбит/с – интерфейса соответствуют рекомендациям МККТТ G. 703.

*Соединения с ISDN* (Integrated Services Digital Network – цифровая сеть с интеграцией служб). Для соединения с создаваемыми сетями ISDN предусматриваются четыре линии связи 2 Мбит/с, поддерживаемые системой сигнализации SS № 7 и отвечающие рекомендациям Голубой книги МККТТ Q. 701 - Q. 110, Q. 167, Q. 72x, Q. 71x, Q. 77x, Q. 78x и Q. 79x.

*Соединения с международными сетями GSM.* Эти соединения должны осуществляться на основе протоколов систем сигнализации SCCP (Skinny Client Control Protocol – корпоративный (проприетарный) протокол, разработан Selsius Corporation, в настоящее время принадлежит Cisco Systems Inc., которая приобрела на него права с покупкой Selsius Corporation в 1998 г.) и межсетевой коммутации подвижной связи GMSC (Gate MSC – шлюзовой MSC). Любой MSC может работать и как шлюзовой коммутатор, и как абонентский MSC. Тем не менее, ряд производителей выделяют для GMSC отдельный высокопроизводительный MSC, к которому не подключают контроллеры базовых станций (BSC).

**Внутренние GSM – интерфейсы.** Интерфейс между MSC и BSS (А-интерфейс) обеспечивает передачу сообщений для управления BSS; передачи вызова; управления передвижением. А-интерфейс объединяет каналы связи и линии сигнализации. Последние используют протоколы SS № 7 МККТТ. Полная спецификация А-интерфейса соответствует требованиям серии 08 Рекомендаций ETSI/GSM.

Интерфейс между MSC и HLR совмещен с VLR (В-интерфейс). Когда MSC необходимо определить местоположение подвижной станции, он обращается к VLR. Если подвижная станция инициирует процедуру местоопределения с MSC, он информирует свой VLR, который заносит всю изменяющуюся информацию в свои регистры. Эта процедура происходит всегда, когда MS переходит из одной области местоопределения в другую. В случае, если абонент запрашивает специальные дополнительные услуги или изменяет некоторые свои данные, MSC также информирует VLR, который регистрирует изменения и при необходимости сообщает о них HLR.

Интерфейс между MSC и HLR (С-интерфейс) используется для обеспечения взаимодействия между MSC и HLR. MSC может послать указание (сообщение) HLR о конце сеанса связи для того, чтобы абонент мог оплатить разговор. Когда сеть фиксированной телефонной связи неспособна исполнить процедуру установления вызова подвижного абонента, MSC может запросить HLR с целью определения местоположения абонента для того, чтобы послать вызов MS.

Интерфейс между HLR и VLR (D-интерфейс) используется для расширения обмена данными о подвижной станции, управления процессом связи. Основные услуги, предоставляемые подвижному абоненту, заключаются в возможности передавать или принимать сообщения независимо от местоположения. Для этого HLR должен пополнять свои данные. VLR сообщает HLR о положении MS, управляя ей и переприсваивая ей номера в процессе блуждания; посылает все необходимые данные для обеспечения обслуживания подвижной станции.

Интерфейс между MSC (E-интерфейс) обеспечивает взаимодействие между разными MSC при осуществлении процедуры HANDOVER – «передачи» абонента из зоны в зону при его движении в процессе сеанса связи без ее перерыва.

Интерфейс между BSC и BTS (A-bis интерфейс) служит для связи BSC и BTS и определен рекомендациям ETSI/GSM для процессов установления соединений и управления оборудованием. Передача осуществляется цифровыми потоками со скоростью 2,048 Мбит/с. Возможно использование физического интерфейса 64 кбит/с.

Интерфейс между BSC и OMC (O-интерфейс) предназначен для связи BSC с OMC, используется в сетях с пакетной коммутацией МККТТ X.25.

Внутренний BSC – интерфейс контроллера базовой станции обеспечивает связь между различным оборудованием BSC и оборудованием транскодирования (TCE); использует стандарт ИКМ передачи 2,048 Мбит/с и позволяет организовать из четырех каналов со скоростью 16 кбит/с один канал на скорости 64 кбит/с.

Интерфейс между MS и BSS ( $U_m$  радио интерфейс) определен в сериях 04 и 05 Рекомендаций ETSI/GSM.

Сетевой интерфейс между OMC и сетью, так называемый управляющий интерфейс между OMS и элементами сети, определен ETSI/GSM Рекомендациями 12.01 и является аналогом интерфейса Q.3, который определен в многоуровневой модели открытых сетей ISO OSI.

Соединения сети с OMS могут обеспечиваться системой сигнализации МККТТ SS № 7 или сетевым протоколом X.25. Сеть X.25 может соединяться с объединенными сетями или с PSDN в открытом или закрытом режимах. GSM протокол управления сетью и обслуживанием также должен удовлетворять требованиям Q.3 интерфейса, который определен в Рекомендациях 12.01 ETSI/GSM.

**Интерфейс между сетью GSM и внешним оборудованием.** Интерфейс между MSC и сервис центром (SC) необходим для реализации службы коротких сообщений. Он определен в Рекомендациях 03.40 ETSI/GSM.

#### *Интерфейс к другим OMS.*

Каждый центр управления и обслуживания сети должен соединяться с другими OMS, управляющими сетями в других регионах или другими сетями. Эти соединения обеспечиваются «X» интерфейсами в соответствии с Рекомендациями МККТТ M.30. Для взаимодействия OMS с сетями высших уровней используется Q.3 – интерфейс.

**Структура служб и передача данных в стандарте GSM.** Стандарт GSM содержит два класса служб: основные службы и телеслужбы.

Основные службы обеспечивают: передачу данных (асинхронно) в дуплексном режиме со скоростями 1200, 2400, 4800 и 9600 бит/с через телефонные сети общего пользования, коммутируемые сети передачи данных общего пользования (CSPDN) и (ISDN); доступ с помощью адаптера к пакетной асинхронной передаче данных со стандартными скоростями 300...9600 бит/с через коммутируемые сети пакетной передачи данных общего пользования (PSPDN), например, Datex-P; синхронный дуплексный доступ к сети пакетной передачи данных со стандартными скоростями 2400...9600 бит/с.

При передаче данных со скоростью 9,6 кбит/с всегда используется канал связи с полной скоростью передачи. В случае передачи на скоростях ниже 9,6 кбит/с могут использоваться полускоростные каналы связи.

Перечисленные функции каналов передачи данных предусмотрены для терминального оборудования, в котором используются интерфейсы МККТТ со спецификациями V.24 или X.21 серий. Эти спецификации определяют вопросы передачи данных по обычным каналам телефонной связи.

Телеслужбы предоставляют следующие услуги:

1. Телефонная связь (совмещается со службой сигнализации; охрана квартир, сигналы бедствия и пр.);
2. Передача коротких сообщений;
3. Доступ к службам «Видеотекст», «Телетекст»;
4. Служба «Телефакс» (группа 3).

Дополнительно стандартизован широкий спектр особых услуг (передача вызова, оповещения о тарифных расходах, включение в закрытую группу пользователей).

Так как предполагается, что большинство абонентов будет использовать услуги GSM в деловых целях, то особое внимание уделяется аспектам безопасности и качеству предоставляемых услуг.

Структурная схема служб связи в GSM PLMN показана на рис. 1 (GSM PLMN - GSM Public Land Mobile Network) – сеть связи с наземными подвижными объектами; TE (Terminal Equipment) – терминальное оборудование; MT (Mobile Terminal) – подвижный терминал; IWF (InterWorking Funktion) – функция сопряжения, межсетевой функциональный стык. К передаче данных относится и «служба коротких сообщений» (SMS – Short Message Service) – передача коротких буквенно-цифровых сообщений для отдельных групп пользователей.

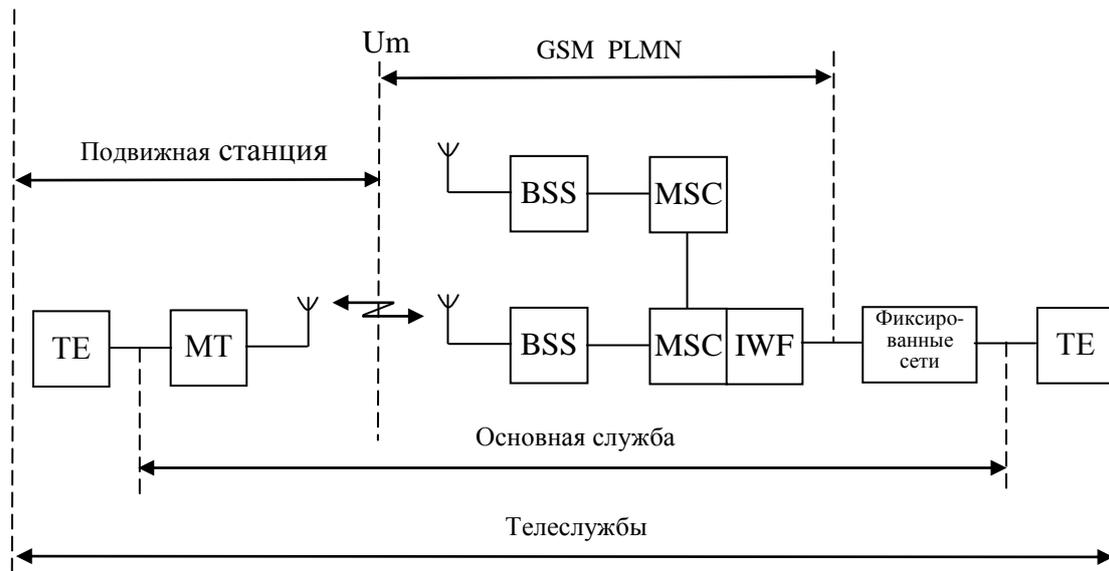


Рисунок 1 – Структурная схема служб связи

При передаче коротких сообщений используется пропускная способность каналов передачи данных между подвижной станцией и центром ОМС. Сообщения могут передаваться и приниматься подвижной станцией. Для передачи коротких сообщений могут использоваться общие каналы управления. Объем сообщений ограничен 160-ю символами, которые могут приниматься в течение текущего вызова либо в нерабочем цикле. В пределах соты короткие сообщения передаются циклически и несут информацию, например, о дорожном движении, рекламу и т.д.

**Терминальное оборудование и адаптеры подвижной станции.** В режиме передачи данных взаимодействие подвижного абонента с сетью осуществляется через соответствующее терминальное оборудование (MT, TE) и адаптеры (TA), как это показано на рис. 2.

Подвижная станция состоит из MT и TE. Оконечное оборудование MT обеспечивает функции, связанные с управлением радиointерфейсом  $U_m$ . Эти функции включают: радиопередачу и прием, управление радиоканалами, защиту от ошибок в радиоканале, кодирование-декодирование речи, текущий контроль и распределение данных пользователя и вызовов, адаптацию по скорости передачи между радиоканалом и данными, обеспечение параллельной работы нагрузок (терминалов), обеспечение непрерывной работы в процессе движения.

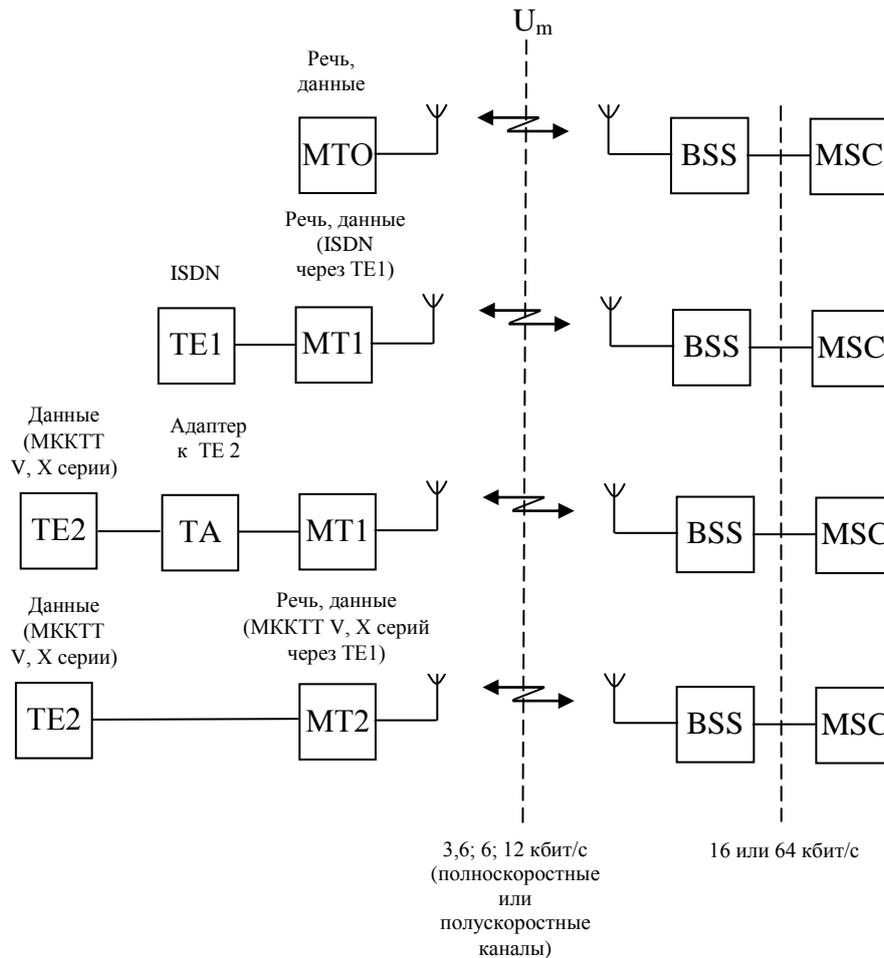


Рис. 2. Терминальное оборудование и адаптеры подвижной связи

Используются три типа оконечного оборудования подвижной станции: МТО (Mobile Termination «0») - многофункциональная подвижная станция, в состав входит терминал данных с возможностью передачи и приема данных и речи; МТ1 (Mobile Termination «1») – подвижная станция с возможностью связи через терминал с ISDN; МТ2 (Mobile Termination «2») – подвижная станция с возможностью подключения терминала для связи по протоколу МККТТ V или X серий.

Терминальное оборудование может состоять из оборудования одного или нескольких типов, такого как телефонная трубка с номеронабирателем, аппаратуры передачи данных (DTE), телекс и т.д.

Различают следующие типы терминалов: TE 1 (Terminal equipment 1) – терминальное оборудование, обеспечивающее связь с ISDN; TE2 (Terminal equipment 2) – терминальное оборудование обеспечивающее связь с любым оборудованием через протоколы МККТТ V или X серий (связь с ISDN не обеспечивает). Терминал TE2 может быть подключен как нагрузка к МТ1 (подвижной станции с возможностью связи с ISDN) через адаптер ТА.

Система характеристик стандарта GSM, принятая функциональная схема сетей связи и совокупность интерфейсов обеспечивают высокие параметры передачи сообщений, совместимость с существующими и перспективными информационными сетями, предоставляют абонентам широкий спектр услуг цифровой связи.

**Структура TDMA кадров и формирование сигналов в стандарте GSM.** В результате анализа различных вариантов построения цифровых сотовых систем подвижной связи в стандарте GSM принят многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA). Общая структура временных кадров показана на рис. 3. Длина периода последовательности в этой структуре, которая называется гиперкадром, равна  $T_T = 3\text{ч. } 28\text{мин. } 53\text{с. } 760\text{мс. } (12533,76\text{ с.})$ . Гиперкадр делится на 2046 суперкадров, каждый из которых имеет длительность

$$T_c = 12533,76 / 2046 = 6,12\text{ с.}$$

Суперкадр состоит из мультикадров. Для организации различных каналов связи и управления в стандарте используются два вида мультикадров:

- 1) 26 – позиционные TDMA кадры мультикадра;
- 2) 51 – позиционные TDMA кадры мультикадра.

Суперкадр может содержать в себе 51 мультикадр первого типа или 26 мультикадров второго типа. Длительности мультикадров соответственно:

- 1)  $T_M = 6120 / 51 = 120\text{ мс};$
- 2)  $T_M = 6120 / 26 = 235,385\text{ мс } (3060/13\text{ мс}).$

Длительность каждого TDMA кадра

$$T_k = 120 / 26 = 235,385/51 = 4,615\text{ мс } (60/13\text{ мс}).$$

В периоде последовательности каждый TDMA кадр имеет свой порядковый номер (NF) от 0 до  $NF_{\max}$ , где

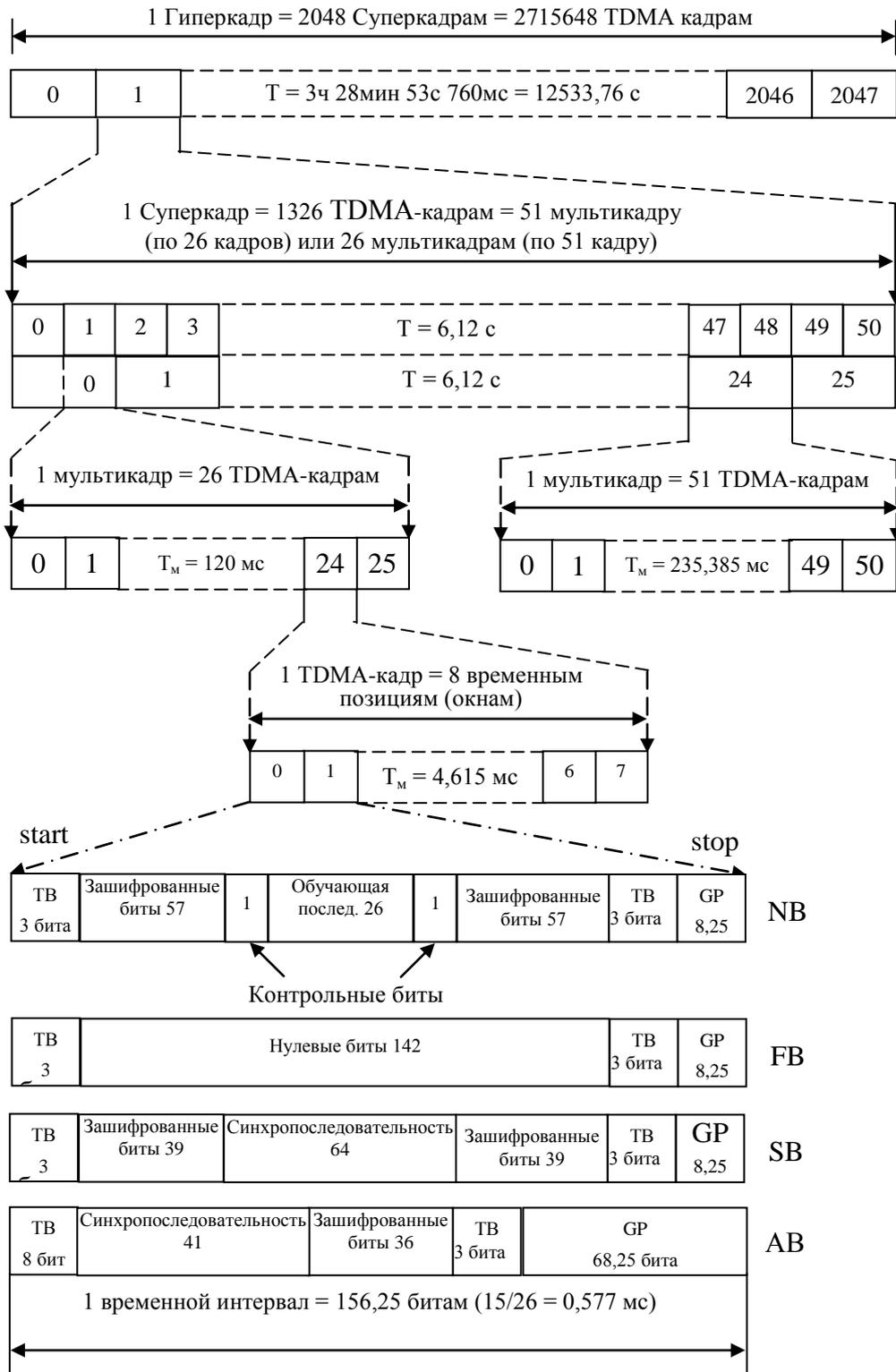
$$NF_{\max} = (26 \times 51 \times 2048) - 1 = 2715647.$$

Таким образом, гиперкадр состоит из 2715647 TDMA кадров. Необходимость такого большого периода гиперкадра объясняется требованиями применяемого процесса криптографической защиты, в котором номер кадра NF используется как входной параметр.

TDMA кадр делится на восемь временных позиций с периодом

$$T_0 = \frac{60/13}{8} = 15/26 = 576,9\text{ мс.}$$

Каждая временная позиция обозначается TN с номером от 0 до 7. Физический смысл временных позиций, которые иначе называются окнами, - время, в течение которого осуществляется модуляция несущей цифровым информационным потоком, соответствующим речевому сообщению или данным.



Длительность 1 бита =  $48/13 = 3,69\ мкс$

ТВ – Tail Bits – концевая комбинация

GB – Guard Period – защитный интервал

Рисунок 3 – Общая структура временных кадров

Цифровой информационный поток представляет собой последовательность пакетов, размещаемых в этих временных интервалах (окнах). Пакеты формируются немного короче, чем интервалы, их длительность составляет 0,546 мс, что необходимо для приема сообщения при наличии временной дисперсии в канале распространения.

Информационное сообщение передается по радиоканалу со скоростью 270,833 кбит/с.

Это означает, что временной интервал TDMA кадра содержит 156,25 бит.

Длительность одного информационного бита

$$576,9 \text{ мкс} / 156,25 = 3,69 \text{ мкс}.$$

Каждый временной интервал, соответствующий длительности бита, обозначается BN с номером от 0 до 155, последнему интервалу длительностью 1/4 бита присвоен номер 156.

Для передачи информации по каналам связи и управления, подстройки несущих частот, обеспечения временной синхронизации и доступа к каналу связи в структуре TDMA кадра используются пять видов временных интервалов (окон):

1. NB (Normal Burst) – нормальный временной интервал.
2. FB (Frequency correction Burst) – временной интервал подстройки частоты.
3. SB (Synchronisation Burst) – интервал временной синхронизации.
4. DB (Dummy Burst) – установочный интервал.
5. AB (Access Brust) – интервал доступа.

NB используется для передачи информации по каналу связи и управления, за исключением канала доступа RACH. Он состоит из 114 бит зашифрованного сообщения и включает защитный интервал (GP) в 8,25 бит, длительностью 30, 46 мкс. Информационный блок 114 бит разбит на два самостоятельных блока по 57 бит, разделенных между собой обучающей последовательностью в 26 бит, которая используется для установки эквалайзера в приемнике в соответствии с характеристиками канала связи в данный момент времени.

В состав NB включены два контрольных бита (Stealing Flag), которые служат признаком того, содержит ли передаваемая группа речевую информацию или информацию сигнализации. В последнем случае информационный канал (Traffic Channel) «украден» для обеспечения сигнализации.

Между двумя группами зашифрованных бит в составе NB находится обучающая последовательность из 26 бит, известная в приемнике.

С помощью этой последовательности обеспечивается:

- оценка частоты появления ошибок в двоичных разрядах по результатам сравнения принятой и эталонной последовательностей. В процессе сравнения вычисляется параметр RXQUAL, принятый для оценки качества связи. Конечно, речь идет только об оценке связи, а не о точных измерениях, так как проверяется только часть передаваемой

информации. Параметр RXQUAL используется при вхождении в связь, при выполнении процедуры «эстафетной передачи» (Handover) и при оценке зоны покрытия радиосвязью;

- оценка импульсной характеристики радиоканала на интервале передачи NB для последующей коррекции тракта приема сигнала за счет использования адаптивного эквалайзера в тракте приема;
- определение задержек распространения сигнала между базовой и подвижной станциями для оценки дальности связи. Эта информация необходима для того, чтобы пакеты данных от разных подвижных станций не накладывались при приеме на базовой станции. Поэтому удаленные на большие расстояния подвижные станции должны передавать свои пакеты раньше станций, находящихся в непосредственной близости от базовой станции.

FB предназначен для синхронизации по частоте подвижной станции. Все 142 бита в этом временном интервале - нулевые, что соответствует немодулированной несущей со сдвигом 1625/24 кГц выше номинального значения частоты несущей. Это необходимо для проверки работы своего передатчика и приемника при небольшом частотном разnose каналов (200 кГц), что составляет около 0,022% от номинального значения полосы частот 900 мГц. FB содержит защитный интервал 8,25 бит так же, как и нормальный временной интервал. Повторяющиеся временные интервалы подстройки частоты (FB) образуют канал установки частоты (FCCH).

SB используется для синхронизации во времени базовой и подвижной станций. Он состоит из синхропоследовательности длительностью 64 бита, несет информацию о номере TDMA кадра и идентификационный код базовой станции. Этот интервал передается вместе с интервалом установки частоты. Повторяющиеся интервалы синхронизации образуют так называемый канал синхронизации (SCH).

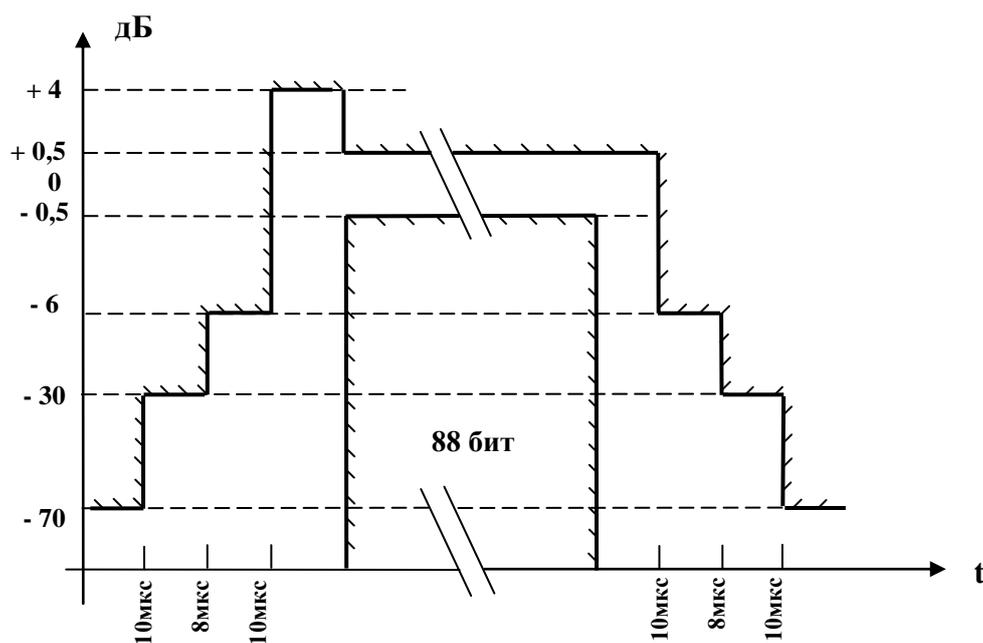
DB обеспечивает установление и тестирование канала связи. По своей структуре DB совпадает с NB (рис. 3) и содержит установочную последовательность длиной 26 бит. В DB отсутствуют контрольные биты и не передается никакой информации. DB лишь информирует о том, что передатчик функционирует.

AB обеспечивает разрешение доступа подвижной станции к новой базовой станции. AB передается подвижной станцией при запросе канала сигнализации. Это первый передаваемый подвижной станцией пакет, следовательно, время прохождения сигнала еще не измерено. Поэтому пакет имеет специфическую структуру. Сначала передается концевая комбинация 8 бит, затем – последовательность синхронизации для базовой станции (41 бит), что позволяет базовой станции обеспечить правильный прием последующих 36 зашифрованных бит. Интервал содержит большой защитный интервал (68,25 бит,

длительностью 252 мкс), что обеспечивает (независимо от времени прохождения сигнала) достаточное временное разнесение от пакетов других подвижных станций.

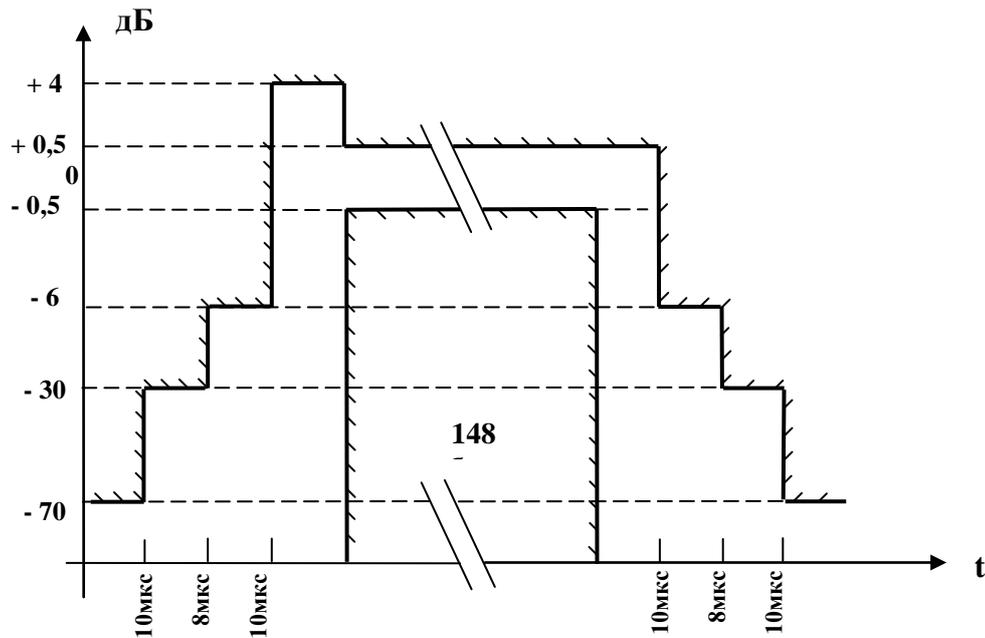
Этот защитный интервал соответствует двойному значению наибольшей возможной задержки сигнала в рамках одной соты и тем самым устанавливает максимально допустимые размеры соты. Особенность стандарта GSM – возможность обеспечения связи подвижных абонентов в сотах с радиусом около 35 км. Время распространения радиосигнала в прямом и обратном направлениях составляет при этом 233,3 мкс.

В структуре GSM строго определены временные характеристики огибающей сигнала, излучаемого пакетами на канальном временном интервале TDMA кадра, и спектральная характеристика сигнала. Временная маска огибающей для сигналов, излучаемых на интервале АВ полного TDMA кадра, показана на рис. 4, а маска огибающей для сигналов NB, FB, DB и SB полного TDMA кадра – на рис. 5. Различные формы огибающих излучаемых сигналов соответствуют разным длительностям интервала АВ (88 бит) по отношению к другим указанным интервалам полного TDMA кадра (148 бит). Нормы на спектральную характеристику излучаемого сигнала показаны на рис. 6.



$$4176/13 = 321,2 \text{ мкс}$$

Рисунок 4 – Временная маска огибающей для излучаемого сигнала АВ (интервала доступа) полного TDMA кадра



$$7056/13 = 542,8 \text{ мкс}$$

Рисунок 5 – Временная маска огибающей для излучаемого сигналов NB, FB, DB и SB полного TDMA кадра

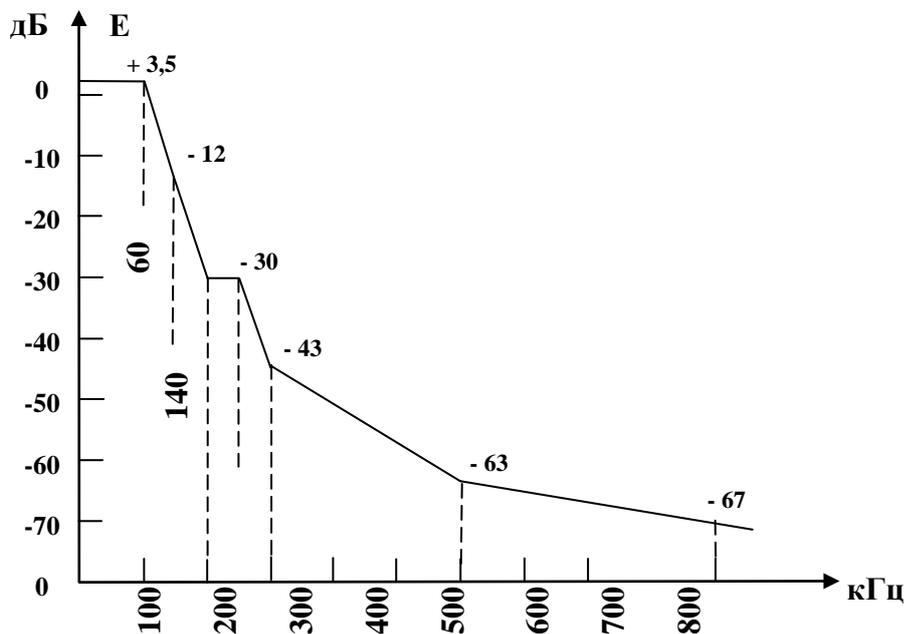


Рисунок 6 – Нормы на спектральную характеристику излучаемого сигнала

Одна из особенностей формирования сигналов в стандарте GSM – использование медленных скачков по частоте (SFH – Slow Frequency Hopping) в процессе сеанса связи. Главное назначение таких скачков – обеспечение частотного разнесения в радиоканалах, функционирующих в условиях многолучевого распространения радиоволн. SFH

используется во всех подвижных сетях, что повышает эффективность кодирования и перемежения при медленном движении абонентских станций. Принцип формирования медленных скачков по частоте состоит в том, что сообщение, передаваемое в выделенном абоненту временном интервале TDMA кадра (577 мкс), в каждом последующем кадре передается (принимается) на новой фиксированной частоте. В соответствии со структурой кадров время для перестройки частоты составляет около 1 мс.

В процессе скачков по частоте постоянно сохраняется дуплексный разнос 45 МГц между каналами приема и передачи. Всем активным абонентам, находящимся в одной соте, ставится в соответствие ортогональные формирующие последовательности, что исключает взаимные помехи при приеме сообщений абонентами в соте. Параметры последовательности переключения частот (частотно-временная матрица и начальная частота) назначаются каждой подвижной станции в процессе установления канала. Ортогональность последовательностей переключения частот в соте обеспечивается начальным частотным сдвигом одной и той же (по алгоритму формирования) последовательности. В смежных сотах используются различные формирующие последовательности.

Комбинируемая TDMA/FDMA схема организации каналов GSM в стандарте и принцип использования медленных скачков по частоте при передаче сообщений во временных кадрах показаны на рис.7, 8.

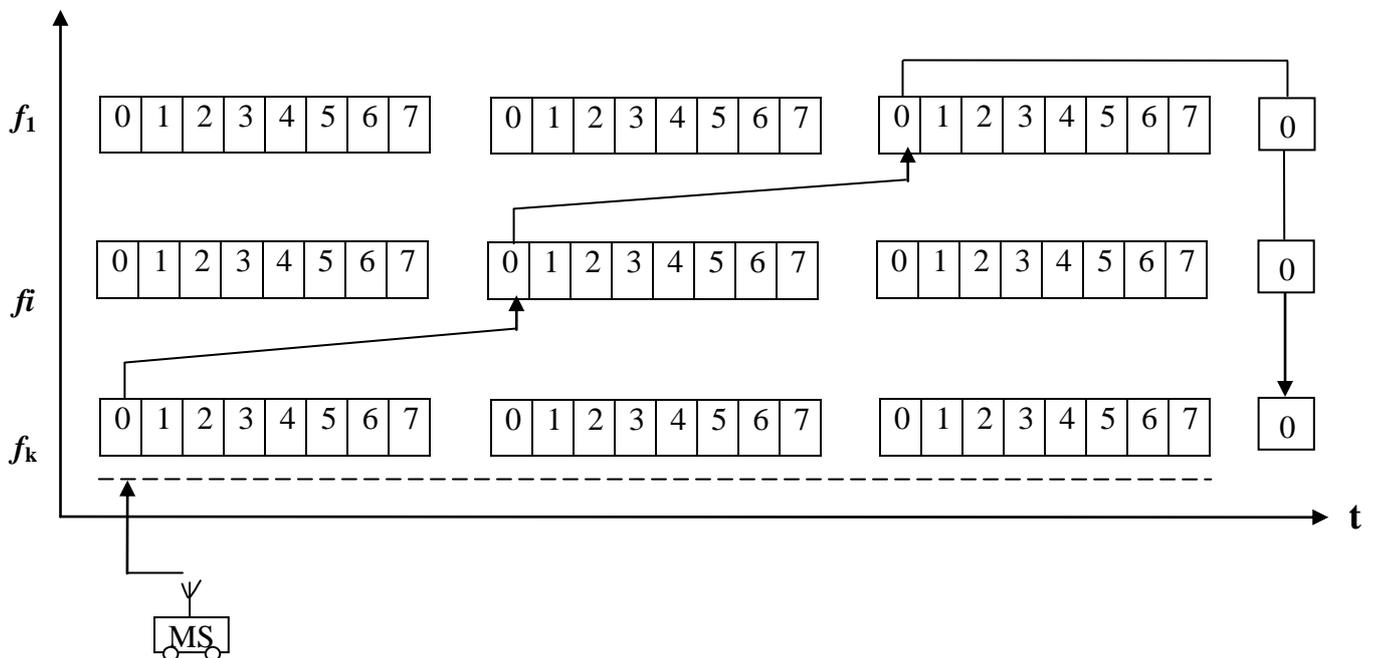


Рисунок 7 – Комбинируемая TDMA/FDMA схема организации каналов

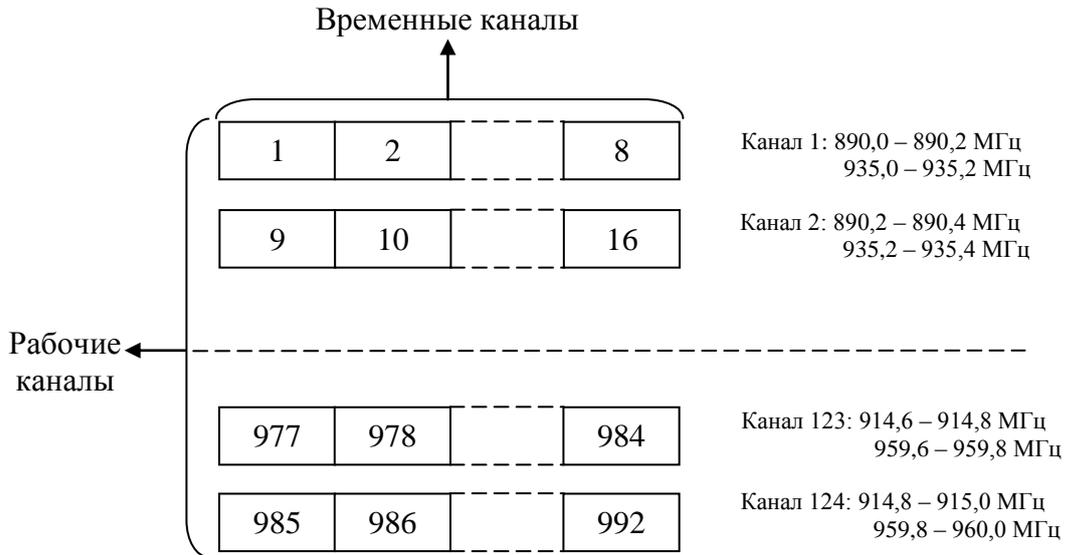
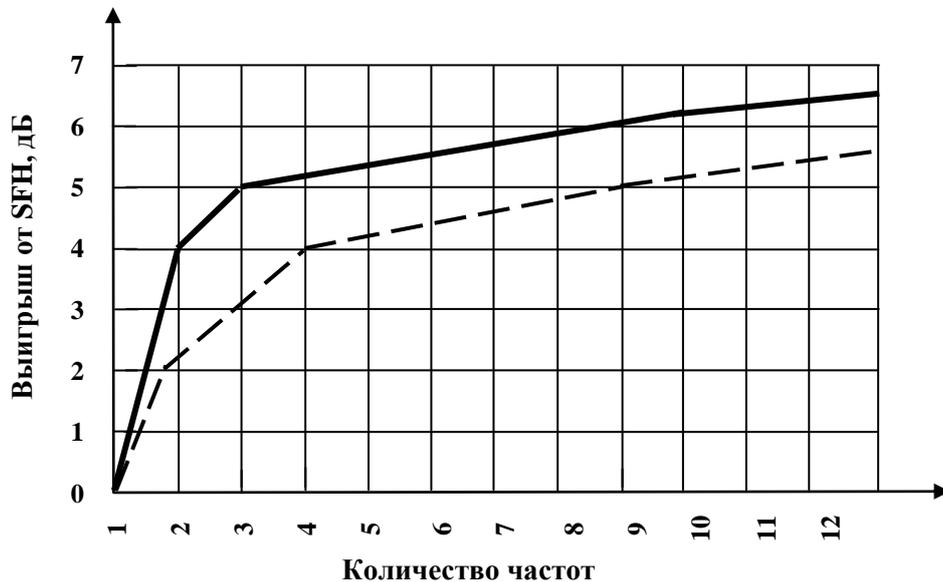


Рисунок 8 – Принцип использования медленных скачков по частоте

На рис. 9 показаны зависимости выигрыша в отношении сигнал/помеха от использования медленных скачков по частотам (SFH) для случаев переключения частот по случайному закону и с периодическим повторением цикла переключения в зависимости от количества перестраиваемых частот.



- SFH по случайному закону
- - SFH по закону псевдослучайной периодической последовательности

Рисунок 9 – Зависимость выигрыша в отношении сигнал/помеха от использования медленных скачков по частотам (SFH)

Для сравнения можно отметить, что по результатам экспериментальных исследований, проведенных на действующих сетях GSM, пространственное разнесение приемных антенн на базовой станции дает выигрыш 3 - 4 дБ.

Принятая структура TDMA кадров и принципы формирования сигналов в стандарте GSM в совокупности с методами канального кодирования позволили снизить требуемое для приема отношение сигнал/помеха до 9 дБ, тогда как в стандартных аналоговых сотовых сетях связи оно составляет 17 - 18 дБ.

#### **4. Контрольные вопросы**

1. Перечислите интерфейсы для соединения с внешними сетями.
2. Какие интерфейсы используются для соединения между различным оборудованием сетей GSM?
3. Перечислите интерфейсы для соединения между сетью GSM и внешним оборудованием.
4. Какие функции обеспечивают основные службы?
5. Какие услуги предоставляют телеслужбы?
6. Поясните структурную схему служб связи в GSM PLMN.
7. Какое терминальное оборудование и адаптеры используется при взаимодействии подвижного абонента с сетью?
8. Поясните общую структуру TDMA кадров.
9. Поясните физический смысл окон TDMA кадра.
10. Какие временные интервалы используются в структуре TDMA кадра?
11. Для чего необходима обучающая последовательность в NB интервале?
12. Что обеспечивает интервал доступа – AB?
13. Поясните временную маску огибающей для излучаемого сигнала AB.
14. Поясните временную маску огибающей для излучаемых сигналов NB, FB, DB и SB и нормы на спектральную характеристику излучаемого сигнала.
15. Для чего необходимо использование медленных скачков по частоте в процессе сеанса связи в стандарте GSM?
16. Поясните комбинированную TDMA/FDMA схему организации каналов и принцип использования медленных скачков по частоте.
17. Поясните зависимость выигрыша в отношении сигнал/помеха от использования медленных скачков по частоте (SFH)?

## **5. Содержание отчета**

1. Название и цель работы.
2. Зарисовать структурные схемы служб связи, терминального оборудования подвижной связи. Пояснить назначение блоков структурных схем.

## **Литература**

1. Громаков Ю.Я. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. - М.: ЭКО-ТРЭНДЗ, 1998. – 239 с.
2. Попов В.И. Основы сотовой связи стандарта GSM. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 292 с.
3. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 440 с.
4. Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов / В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.; под ред. В.И. Иванова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 231 с.