РЕФЕРАТ

Расчётно-пояснительная записка: 49с., 21 рисунок.

Цель работы:

В данной работе необходимо рассчитать основные параметры и характеристики проектированных сетей стандарта GSM. Исследовать обработку речевого сигнала в стандарте GSM на примере одиночной фонемы, указанной в техническом задании. Провести качественное сравнение основных характеристик аналоговой системы связи NMT и цифровой системы GSM, и прийти к заключению, какая из сетей является наиболее эффективной. Найти статистические характеристики фонемы «К» при кодировании и декодировании.

**Содержание**

Введение

1 Стандарт сотовой связи GSM

1.1 История стандарта GSM

1.2 Общие характеристики стандарта GSM

1.3 Основные характеристики стандарта GSM

1.4 Принцип работы

1.5 Технические характеристики стандарта GSM

1.5.1 Компоненты сети

1.5.2 Базы данных, используемые в GSM

1.5.2 Таблица типов сот

1.5.4 Механизмы защиты

1.6 Услуги, предоставляемые GSM

1.7 Обработка речи в стандарте GSM

1.7.1 Общее описание процессов обработки речи

1.7.2 Выбор речевого кодека для стандарта GSM

1.7.3 Детектор активности речи

1.7.4 Формирование комфортного шума

1.7.5 Экстраполяция потерянного речевого кадра

2 Генерирование случайного процесса, нахождение оценок статистических характеристик сгенерированного процесса

3 Статистические характеристики фонемы «К»

3.1 Кодирование фонемы «К»

3.2 Декодирование фонемы «К»

4 Расчет основных характеристик проектированных сетей стандарта GSM и NMT, и их сравнение

4.1 Характеристики проектированной сети

4.2 Расчет основных характеристик сетей стандарта GSM

4.3 Расчет основных характеристик сетей стандарта NMT

Заключение

Список использованных источников

**Введение**

В ходе курсовой работы необходимо рассчитать основные характеристики проектированных сетей стандарта сотовой связи GSM. Сотовая связь — один из видов мобильной радиосвязи, в основе которого лежит сотовая сеть. Ключевая особенность заключается в том, что общая зона покрытия делится на ячейки (соты), определяющиеся зонами покрытия отдельных базовых станций (БС). Соты частично перекрываются и вместе образуют сеть. На идеальной (ровной и без застройки) поверхности зона покрытия одной БС представляет собой круг, поэтому составленная из них сеть имеет вид сот с шестиугольными ячейками (сотами).

Сеть составляют разнесённые в пространстве приёмопередатчики, работающие в одном и том же частотном диапазоне, и коммутирующее оборудование, позволяющее определять текущее местоположение подвижных абонентов и обеспечивать непрерывность связи при перемещении абонента из зоны действия одного приёмопередатчика в зону действия другого.

Основные составляющие сотовой сети — это сотовые телефоны и базовые станции. Базовые станции обычно располагают на крышах зданий и вышках. Будучи включённым, сотовый телефон прослушивает эфир, находя сигнал базовой станции. После этого телефон посылает станции свой уникальный идентификационный код. Телефон и станция поддерживают постоянный радиоконтакт, периодически обмениваясь пакетами. Связь телефона со станцией может идти по аналоговому протоколу (AMPS, NAMPS, NMT-450) или по цифровому (DAMPS, CDMA, GSM, UMTS). Если телефон выходит из поля действия базовой станции, он налаживает связь с другой (англ. handover).

Сотовые сети могут состоять из базовых станций разного стандарта, что позволяет оптимизировать работу сети и улучшить её покрытие.

Сотовые сети разных операторов соединены друг с другом, а также со стационарной телефонной сетью. Это позволяет абонентам одного оператора делать звонки абонентам другого оператора, с мобильных телефонов на стационарные и со стационарных на мобильные.

Операторы разных стран могут заключать договоры роуминга. Благодаря таким договорам абонент, находясь за границей, может совершать и принимать звонки через сеть другого.

Итак, рассмотрим характеристики стандарта G

**1 Стандарт сотовой связи GSM**

**1.1 История стандарта GSM**

Разработка нового общеевропейского стандарта цифровой сотовой связи началась в 1985 году. Специально для этого было создана специальная группа - Group Special Mobile. Аббревиатура GSM и дала название новому стандарту. Позднее GSM, благодаря ее широкому распространению, стали расшифровывать как Global System for Mobile Communications. К настоящему времени система GSM развилась в глобальный стандарт второго поколения, занимающий лидирующие позиции в мире, как по площади покрытия, так и по числу абонентов.

**1.2 Общие характеристики стандарта GSM**

В стандарте GSM используется узкополосный многостанционный доступ с временным разделением каналов (NB ТDМА). В структуре ТDМА кадра содержится 8 временных позиций на каждой из 124 несущих.

Для защиты от ошибок в радиоканалах при передаче информационных сообщений применяется блочное и сверточное кодирование с перемежением. Повышение эффективности кодирования и перемежения при малой скорости перемещения подвижных станций достигается медленным переключением рабочих частот (SFH) 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 рассчитана на компенсацию абсолютного времени задержки сигналов до 233 мкс, что соответствует максимальной дальности связи или максимальному радиусу ячейки (соты) 35 км.

В стандарте GSM выбрана гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK). Обработка речи осуществляется в рамках принятой системы прерывистой передачи речи (DTX), которая обеспечивает включение передатчика только при наличии речевого сигнала и отключение передатчика в паузах и в конце разговора. В качестве речепреобразующего устройства выбран речевой кодек с регулярным импульсным возбуждением/долговременным предсказанием и линейным предикативным кодированием с предсказанием (RPE/LTR-LTP-кодек). Общая скорость преобразования речевого сигнала - 13 кбит/с. В стандарте GSM достигается высокая степень безопасности передачи сообщений; осуществляется шифрование сообщений по алгоритму шифрования с открытым ключом (RSA).

В целом система связи, действующая в стандарте GSM, рассчитана на ее использование 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).

**1.3 Основные характеристики стандарта GSM**

-Частоты передачи подвижной станции приема базовой станции, МГц.890-915;

-Частоты приема подвижной станции и передачи базовой станции, МГц 935-960;

-Дуплексный разнос частот приема и передачи, МГц …………....45;

-Скорость передачи сообщений в радиоканале, кбит/с…………...270, 833;

-Скорость преобразования речевого кодека, кбит/с ………………..13;

-Ширина полосы канала связи, кГц ……………………………..….200;

-Максимальное количество каналов связи …………………….......124;

-Максимальное количество каналов, организуемых в базовой станции

…………………………………………………………………..…...16-20;

-Вид модуляции …………………………………………………....GMSK;

-Индекс модуляции ВТ ……………………….………………..……..0,3;

-Ширина полосы предмодуляционного гауссовского фильтра, кГц

…………………………………………………………………….…….81,2;

-Количество скачков по частоте в секунду ……………………........217;

-Временное разнесение в интервалах ТDМА кадра (передача/прием

для подвижной станции………………………………………….……….2;

-Вид речевого кодека ………………………………………….....RPE/LTP;

-Максимальный радиус соты, км до ………………..……………......35;

-Схема организации каналов комбинированная ……...TDMA/FDMA;

**1.4 Принцип работы**

Функциональное сопряжение элементов системы осуществляется рядом интерфейсов. Все сетевые функциональные компоненты в стандарте GSM взаимодействуют в соответствии с системой сигнализации МККТТ SS N 7 (CCITT SS. N 7).

Центр коммутации подвижной связи обслуживает группу сот и обеспечивает все виды соединений, в которых нуждается в процессе работы подвижная станция. MSC аналогичен ISDN коммутационной станции и представляет собой интерфейс между фиксированными сетями (PSTN, PDN, ISDN и т.д.) и сетью подвижной связи. Он обеспечивает маршрутизацию вызовов и функции управления вызовами. Кроме выполнения функций обычной ISDN коммутационной станции, на MSC возлагаются функции коммутации радиоканалов. К ним относятся "эстафетная передача", в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении подвижной станции из соты в соту, и переключение рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностях.

Каждый MSC обеспечивает обслуживание подвижных абонентов, расположенных в пределах определенной географической зоны (например, Москва и область). MSC управляет процедурами установления вызова и маршрутизации. Для телефонной сети общего пользования (PSTN) MSC обеспечивает функции сигнализации по протоколу SS N 7, передачи вызова или другие виды интерфейсов в соответствии с требованиями конкретного проекта.

MSC формирует данные, необходимые для выписки счетов за предоставленные сетью услуги связи, накапливает данные по состоявшимся разговорам и передает их в центр расчетов (биллинг-центр). MSC составляет также статистические данные, необходимые для контроля работы и оптимизации сети.

MSC поддерживает также процедуры безопасности, применяемые для управления доступами к радиоканалам.

MSC не только участвует в управлении вызовами, но также управляет процедурами регистрации местоположения и передачи управления, кроме передачи управления в подсистеме базовых станций (BSS). Регистрация местоположения подвижных станций необходима для обеспечения доставки вызова перемещающимся подвижным абонентам от абонентов телефонной сети общего пользования или других подвижных абонентов. Процедура передачи вызова позволяет сохранять соединения и обеспечивать ведение разговора, когда подвижная станция перемещается из одной зоны обслуживания в другую. Передача вызовов в сотах, управляемых одним контроллером базовых станций (BSC), осуществляется этим BSC. Когда передача вызовов осуществляется между двумя сетями, управляемыми разными BSC, то первичное управление осуществляется в MSC. В стандарте GSM также предусмотрены процедуры передачи вызова между сетями (контроллерами), относящимися к разным MSC. Центр коммутации осуществляет постоянное слежение за подвижными станциями, используя регистры положения (HLR) и перемещения (VLR). В HLR хранится та часть информации о местоположении какой-либо подвижной станции, которая позволяет центру коммутации доставить вызов станции. Регистр HLR содержит международный идентификационный номер подвижного абонента (IMSI). Он используется для опознавания подвижной станции в центре аутентификации (AUC).

Практически HLR представляет собой справочную базу данных о постоянно прописанных 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 (блуждании) абонента, включая данные о временном идентификационном номере подвижного абонента (TMSI) и соответствующем VLR.

К данным, содержащимся в HLR, имеют дистанционный доступ все MSC и VLR сети и, 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 или MSISDN (номеру подвижного абонента в сети ISDN). К базе данных могут получить доступ MSC или VLR, относящиеся к другим сетям, в рамках обеспечения межсетевого роуминга абонентов.

Второе основное устройство, обеспечивающее контроль за передвижением подвижной станции из зоны в зону, - регистр перемещения VLR. С его помощью достигается функционирование подвижной станции за пределами зоны, контролируемой HLR. 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 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 сбоев предусмотрена защита устройств памяти этих регистров.

VLR содержит такие же данные, как и HLR, однако эти данные содержатся в VLR только до тех пор, пока абонент находится в зоне, контролируемой 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 LA находятся под управлением различных VLR, то данные на старом VLR стираются после их копирования в новый VLR. Текущий адрес VLR абонента, содержащийся в HLR, также обновляется.

VLR обеспечивает также присвоение номера "блуждающей" подвижной станции (MSRN). Когда подвижная станция принимает входящий вызов, VLR выбирает его MSRN и передает его на MSC, который осуществляет маршрутизацию этого вызова к базовым станциям, находящимся рядом с подвижным абонентом.

VLR также распределяет номера передачи управления при передаче соединений от одного MSC к другому. Кроме того, VLR управляет распределением новых TMSI и передает их в HLR. Он также управляет процедурами установления подлинности во время обработки вызова. По решению оператора TMSI может периодически изменяться для усложнения процедуры идентификации абонентов. Доступ к базе данных VLR может обеспечиваться через IMSI, TMSI или MSRN. В целом VLR представляет собой локальную базу данных о подвижном абоненте для той зоны, где находится абонент, что позволяет исключить постоянные запросы в HLR и сократить время на обслуживание вызовов.

Для исключения несанкционированного использования ресурсов системы связи 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 на 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 (SRES),

т.е. SRES = Ki \* [ RAND]

Подвижная станция посылает вычисленное значение SRES в сеть, которая сверяет значение принятого SRES со значением SRES, 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 SRES происходит в рамках SIM. Несекретная информация (например, Ki) не подвергается обработке в модуле SIM.

EIR - регистр идентификации оборудования, содержит централизованную базу данных для подтверждения подлинности международного идентификационного номера оборудования подвижной станции (1МЕ1). Эта база данных относится исключительно к оборудованию подвижной станции. База данных EIR состоит из списков номеров 1МЕ1, организованных следующим образом:

БЕЛЫЙ СПИСОК - содержит номера 1МЕ1, о которых есть сведения, что они закреплены за санкционированными подвижными станциями.

ЧЕРНЫЙ СПИСОК - содержит номера 1МЕ1 подвижных станций, которые украдены или которым отказано в обслуживании по другой причине.

СЕРЫЙ СПИСОК - содержит номера 1МЕ1 подвижных станций, у которых существуют проблемы, выявленные по данным программного обеспечения, что не является основанием для внесения в "черный список".

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 1МЕ1. В состав MSC входит транслятор, который при получении номера 1МЕ1 возвращает адрес EIR, управляющий соответствующей частью базы данных об оборудовании.

IWF - межсетевой функциональный стык, 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. IWF также обеспечивает интерфейсы типа прямого соединения для оборудования, поставляемого клиентам, например, для пакетной передачи данных PAD по протоколу Х.25.

ЕС - эхоподавитель, используется в MSC со стороны PSTN для всех телефонных каналов (независимо от их протяженности) из-за физических задержек в трактах распространения, включая радиоканал, сетей GSM. 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 и т.д., 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 соединении двух абонентов фиксированной сети эхо-сигналы отсутствуют. Без включения ЕС задержка от распространения сигналов в тракте GSM будет вызывать раздражение у абонентов, прерывать речь и отвлекать внимание.

ОМС - центр эксплуатации и технического обслуживания, является центральным элементом сети GSM, который обеспечивает контроль и управление другими компонентами сети и контроль качества ее работы. ОМС соединяется с другими компонентами сети GSM по каналам пакетной передачи протокола Х.25. ОМС обеспечивает функции обработки аварийных сигналов, предназначенных для оповещения обслуживающего персонала, и регистрирует сведения об аварийных ситуациях в других компонентах 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 прохождения вызова подвижной станции. ОМС позволяет производить управление нагрузкой в сети. Функция эффективного управления включает сбор статистических данных о нагрузке от компонентов сети GSM, записи их в дисковые файлы и вывод на дисплей для визуального анализа. ОМС обеспечивает управление изменениями программного обеспечения и базами данных о конфигурации элементов сети. Загрузка программного обеспечения в память может производиться из ОМС в другие элементы сети или из них в ОМС.

NMC - центр управления сетью, 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, как например, выход из строя или перегрузка узлов. Кроме того, он контролирует состояние устройств автоматического управления, задействованных в оборудовании сети, и отражает на дисплее состояние сети для операторов NMC. Это позволяет операторам контролировать региональные проблемы и, при необходимости, оказывать помощь ОМС, ответственному за конкретный регион. Таким образом, персонал NMC знает состояние всей сети и может дать указание персоналу ОМС изменить стратегию решения региональной проблемы.

NMC концентрирует внимание на маршрутах сигнализации 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 распространений условий перегрузки между сетями. При этом персонал NMC координирует вопросы управления сетью с персоналом других NMC. NMC обеспечивает также возможность управления трафиком для сетевого оборудования подсистемы базовых станций (BSS). 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.

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. NMC обеспечивает операторов функциями, аналогичными функциям ОМС.

NMC является также важным инструментом планирования сети, так как NMC контролирует сеть и ее работу на сетевом уровне, а, следовательно, обеспечивает планировщиков сети данными, определяющими ее оптимальное развитие.

BSS - оборудование базовой станции, состоит из контроллера базовой станции (BSC) и приемо-передающих базовых станций (BTS). Контроллер базовой станции может управлять несколькими приемо-передающими блоками. 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.

BSS совместно с MSC, HLR, VLR выполняет некоторые функции, например: освобождение канала, главным образом, под контролем MSC, но 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.

ТСЕ- транскодер, обеспечивает преобразование выходных сигналов канала передачи речи и данных MSC (64 кбит/с ИКМ) 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. Этот канал передачи цифровых речевых сигналов называется "полноскоростным". Стандартом предусматривается в перспективе использование полускоростного речевого канала (скорость передачи 6,5 кбит/с).

Снижение скорости передачи обеспечивается применением специального речепреобразующего устройства, использующего линейное предикативное кодирование (LPC), долговременное предсказание (LTP), остаточное импульсное возбуждение (RPE - иногда называется RELP).

Транскодер обычно располагается вместе с 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 (стафингование) до скорости передачи данных 16 кбит/с. Затем осуществляется уплотнение с кратностью 4 в стандартный канал 64 кбит/с. Так формируется определенная Рекомендациями GSM З0-канальная ИКМ линия, обеспечивающая передачу 120 речевых каналов. Шестнадцатый канал (64 кбит/с), "временное окно", выделяется отдельно для передачи информации сигнализации и часто содержит трафик SS N7 или LAPD. В другом канале (64 кбит/с) могут передаваться также пакеты данных, согласующиеся с протоколом X.25 МККТТ.

Таким образом, результирующая скорость передачи по указанному интерфейсу составляет 30х64 кбит/с + 64 кбит/с + 64 кбит/с = 2048 кбит/с.

MS - подвижная станция, 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 (табл. 1.1). При передаче сообщений предусматривается адаптивная регулировка мощности передатчика, обеспечивающая требуемое качество связи.

Подвижный абонент и станция независимы друг от друга. Как уже отмечалось, каждый абонент имеет свой 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 (1МЕ1). Этот номер используется для предотвращения доступа к сетям GSM похищенной станции или станции без полномочий.

**1.5 Технические характеристики стандарта GSM**

**1.5.1 Компоненты сети**

-мобильная станция ;

-базовая передающая станция, служит как интерфейс с мобильной станцией ;

-контроллер базовых станций - координирует работу нескольких базовых станций ;

-центр коммутации, в котором, собственно, все и происходит.

Мощность трубок для GSM-900:

Существует 5 классов мощности: 1-й - 20 Вт, 2-й - 8Вт, 3-й - 5 Вт, 4-й - 2 Вт и 5-й - 0.8 Вт. По всей видимости, носимые/мобильные аппараты имеют не более чем 2 Вт мощности.

Максимальное удаление от базовой станции без ухищрений - 35 км, связано это с самой технологией TDMA - каждой мобильной станции выделяется тайм-слот в 0.577 миллисекунд (15/26 если быть точным), за это время мобильная станция должна успеть ответить, а скорость распространения радиоволн не так уж велика - всего 300 тыс. км/сек Под "ухищрениями" в данном контексте понимается использование коммутатора и, возможно, базовых станций поддерживающего такой специальный режим, который позволяет увеличить время отклика мобильной станции. Такое "железо" производят некоторые фирмы, используется ли это где-либо на практике неизвестно. Для GSM-1800 максимальный радиус соты составляет 10 км.

**1.5.2 Базы данных, используемые в GSM.**

- Home Location Register (HLR) - хранит информацию о подписчиках и текущем положении подписчика.

- Visitor's Location Register (VLR) - динамическая информация о мобильных станциях в их зонах, отображает HLR на положение мобильных станций.

- Authentication Centre (AUC) - хранит IMSI абонентов, ключи идентификации подписчиков, алгоритмы кодирования

- Equipment Identify Register (EIR) - содержит список типов допустимых мобильных аппаратов, содержит список украденных аппаратов.

**Таблица №1 Характеристики типов сот**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| типы сот | радиус | когда используется |
| пикосота | до 100 м | дома, в магазинах |
| микросота | 50-300 м | в городе |
| макросота | 1-20 км | вдоль дорог |
| гиперсота | больше 20 км | вне города |

**1.5.3 Механизмы защиты**

Механизмы защиты состоят из следующих частей: аутентификация (проверка подлинности) абонента, секретность передачи данных, секретность абонента, секретность направления вызова. Для шифрования данных используется алгоритм RSA. Для аутентификации абонента используется хранящаяся на SIM-карте информация: IMSI абонента, индивидуальный ключ аутентификации Ki, алгоритм аутентификации A3.

Для обеспечения секретности передаваемый разговор подвергается шифрованию, причем алгоритм генерации ключей А8 также хранится на SIM-карте. Собственно алгоритм шифрования именуется А5.

В последнее время в прессе муссируется информация о клонировании SIM-карт. Однако для подобного клонирования требуется либо иметь на руках клонируемую карту, либо перехватить достаточно большой объем трафика "карты" в пределах одной базовой станции. На практике же, даже если карту удается клонировать, работать в сети два аппарата не будут и скорее всего оба будут заблокированы. По некоторым соображениям, клону удастся совершить как максимум один звонок да и то, в том случае, если оригинал не сделает звонка первым после клонирования: это связано с тем, что в пределах некоторой зоны расположения абоненту присваивается временный идентификатор - TMSI (Time Mobile Subscriber Identity).

Handover HANDOVER - это смена харакетирстик связи мобильной станции (трубки) с сетью во время разговора. Хэндоверы бывают двух типов:

- внутренний - когда во время разговора меняется канал приема/передачи.

- внешний - когда меняется базовая стенция, через которую идет свзяь с сетью GSM Кроме этого различают также хэндоверы в рамках одного бэнда (только 900 или только 1800) или между ними - с 900 на 1800 и наоборот.

Обычно хэндовер происходит в том случае, если сигнал по другому каналу или от другой базовой станции более эффективен для работы. Под эффективностью тут понимается как слышимость МС сигнала с базовой, так и наоборот. Часто это происходит при движении абонента, ведущего разговор.

Отличия GSM-1800 и GSM-1900 от GSM-900Фактически - только рабочими частотами. Предоставляемый сервис зависит больше от оператора, чем от диапазона. Однако здесь есть ряд интересных моментов:

- из-за более высокой частоты уменьшается максимально возможный радиус соты, а точнее - максимальное удаление абонента от базовой станции. Напомним, что для 900-го диапазона это расстояние равно 35 км. Для 1800 - около 10 км.

- на частотах 1800-2000 МГц радиоволны имеют несколько иные проникающие свойства. Лучше это или хуже 900 МГц сказать сложно, но есть подозрение, что хуже.

- резкий плюс - куда больший частотный ресурс, кроме этого в диапазонах 1800 и 1900 частотное планирование выполняется более гибко.

**1.6 GSM обеспечивает поддержку следующих услуг**

С самого начала разработчики GSM стремились обеспечить совместимость сетей GSM и ISDN по набору предлагаемых услуг. В соответствии с определениями ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunications Standardization Sector), сеть GSM может предоставлять следующие типы услуг:

- услуги по переносу информации (bearer services);

- услуги предоставления связи (teleservices);

- дополнительные услуги (supplementary services).

Когда в 1991 г. появились первые сети GSM, главное внимание уделялось обеспечению ими услуг речевой связи на достойном уровне по сравнению с существовавшими тогда аналоговыми сотовыми системами. Однако уже с самого начала технология GSM была способна предложить несколько новых видов услуг, которые незамедлительно привлекли внимание определенной категории пользователей. Наиболее существенными нововведениями стали возможности шифрования передаваемой информации и роуминга по всей Европе. Это означает что в отличие от фиксированных сетей, где абонентский терминал проводами подключен к центральному офису, абонент сети GSM может перемещаться в пределах национальной сети и за ее границами. Чтобы дозвониться до подвижного абонента, необходимо набрать номер, называемый номером подвижного абонента цифровой сети с интеграцией служб MSISDN (Mobile Subscriber ISDN). Такой номер содержит код страны и национальный код назначения, идентифицирующий оператора данного абонента. Первые несколько цифр номера идентифицируют опорный регистр местонахождения (HLR Home Location Register) абонента в его сети подвижной связи.

Входящий вызов подвижного абонента направляется для обработки шлюзом GMSC (Gateway MSC). GMSC в основном выполняет функции коммутатора, запрашивающего HLR абонента о получении необходимых данных и о маршрутизации, и поэтому содержит таблицу соединения номеров MSISDN с соответствующими им HLR. Номер роуминга подвижной станции MSRN (Mobile Station Roaming Number) полностью определяет маршрутизацию, относится к географическому плану нумерации и никак не связан с абонентами. В то же время в базовой области голосовой связи GSM предложила две группы дополнительных услуг: перенаправление и запрещение звонков.

Самым известным направлением деятельности GSM является телефония. Так как GSM по существу является цифровой системой передачи данных, речь кодируется и передается в виде цифрового потока. Еще одним примером предоставляемого сервиса является оказание экстренной помощи, когда ближайший поставщик такого рода услуги уведомляется при помощи набора трех цифр (например, 911). Кроме того, предоставляются разнообразные услуги передачи данных. Абоненты GSM могут осуществлять обмен информацией с абонентами ISDN, обычных телефонных сетей, сетей с коммутацией пакетов, и сетей связи с коммутацией каналов, используя различные методы и протоколы доступа, например, X.25 или X.32. Возможна передача факсимильных сообщений, реализуемых при использовании соответствующего адаптера для факс-аппарата. Уникальной возможностью GSM, которой не было в старых аналоговых системах, является двунаправленная передача коротких сообщений SMS (Short Message Service), (до 160 байт), передаваемых в режиме с промежуточным хранением данных. Адресату, являющемуся абонентом SMS, может быть послано сообщение, после которого отправителю посылается подтверждение о получении. Короткие сообщения можно использовать в режиме широковещания, например, для того, чтобы извещать абонентов об изменении условий дорожного движения в регионе.

- Услуги передачи данных (синхронный и асинхронный обмен данными, в том числе пакетная передача данных — GPRS). Данные услуги не гарантируют совместимость терминальных устройств и обеспечивают только передачу информации к ним и от них.

- Передача речевой информации;

- Передача коротких сообщений (SMS);

- Передача факсимильных сообщений.

Дополнительные (необязательные к предоставлению) услуги:

- Определение вызывающего номера и ограничение такого определения;

- Безусловная и условная переадресация вызова на другой номер;

- Ожидание и удержание вызова;

- Конференцсвязь (одновременная речевая связь между тремя и более подвижными станциями).

- Запрет на определенные пользователем услуги (международные звонки, роуминговые звонки и др.);

- Голосовая почта.

**1.7 Обработка речи в стандарте GSM**

**1.7.1 Общее описание процессов обработки речи**

Процессы обработки речи в стандарте GSM направлены на обеспечение высокого качества передаваемых сообщений, реализацию дополнительных сервисных возможностей и повышение потребительских качеств абонентских терминалов.

Обработка речи осуществляется в рамках принятой системы прерывистой передачи речи. Система прерывистой передачи речи (DTX) обеспечивает включение передатчика только тогда, когда пользователь начинает разговор и отключает его в паузах и в конце разговора. DTX управляется детектором активности речи (VAD), который обеспечивает обнаружение и выделение интервалов передачи речи с шумом и шума без речи даже в тех случаях, когда уровень шума соизмерим с уровнем речи. В состав системы прерывистой передачи речи входит также устройство формирования комфортного шума, который включается и прослушивается в паузах речи, когда передатчик отключен. Экспериментально показано, что отключение фонового шума на выходе приемника в паузах при отключении передатчика раздражает абонента и снижает разборчивость речи, поэтому применение комфортного шума в паузах считается необходимым. DTX процесс з приемнике включает также интерполяцию фрагментов речи, потерянных из-за ошибок в канале.

**1.7.2 Выбор речевого кодека для стандарта GSM**

Рабочей группой по разработке стандарта GSM были предъявлены следующие основные требования к речевому кодеку :

- высокое качество речи, не уступающее качеству передачи речи в лучших существующих аналоговых сотовых системах связи;

- низкая скорость передачи речи, обеспечивающая возможность эффективного канального кодирования и результирующую скорость передачи в канале связи не выше 16 кбит/с,

- малую задержку сообщения в процессе преобразования речи;

- устойчивость к ошибкам в канале передачи;

- возможность работы в широком динамическом диапазоне входных воздействий как сигнала, так и шума;

- большой динамический диапазон выходных сигналов;

- незначительное снижение качества речи при каскадном соединении кодеков:

- прозрачность для сигналов данных;

- прямое сопряжение со смежными устройствами терминалов;

- простота реализации;

- малое потребление;

- низкая стоимость.

Для выбора речевого кодека GSM был организован конкурс проектов. Первоначально для рассмотрения было предложено 20 различных кодеков от 9 европейских стран. После международного формального тестирования это количество было сокращено до 6 из 6 стран. На следующем этапе два из четырех подполосных (SBC) кодеков (норвежский и итальянский) были сняты с рассмотрения, к окончательному этапу конкурса осталось два SBC кодека и два кодека в предикативным кодированием.

RPE-LPC - Regular-Pulse Excitation/Linear Predicative Coding (Германия, Philips) -кодек с регулярным импульсным возбуждением и линейным кодированием с предсказанием;

MPE-LTP - Multi-Pulse Excitation/Long-Term Prediction (Франция, IBM) -кодек с многоимпульсным возбуждением и долговременным предсказанием:

На втором этапе происходит дальнейшее снижение динамического диапазона за счет долговременного предсказания, в процессе которого каждый сегмент выравнивается до уровня следующих друг за другом сегментов речи. В принципе, LTP фильтр вычитает предыдущий период сигнала из текущего периода.

Этот фильтр характеризуется параметром задержки N и коэффициентом усиления Ь. Период вычисления этих параметров равен 5 мс.

Восемь коэффициентов r (i) LPC анализирующего фильтра и параметры фильтра LTP анализа кодируются и передаются со скоростью 3,6 кбит/с.

Для формирования последовательности возбуждения остаточный сигнал пропускают через фильтр нижних частот с частотой среза 3-4 кГц.

Окончательно периодическая последовательность фрагментов передается со скоростью 9,4 кбит/с. Общая скорость передачи составляет 3,6+9,4 = 13 кбит/с.

В декодере речевой сигнал восстанавливается по откликам последовательности регулярного импульсного возбуждения (RPE) двухступенчатым синтезирующим фильтром, как показано на рис. 4.3.

При этом качество речи соответствует качеству речи, передаваемой по ISDN, и превосходит качество речи в аналоговых радиотелефонных системах.

Теоретически время задержки речевого сигнала в кодекс равно длительности сегмента и составляет 20 мс. Реальное время задержки, с учетом операций канального кодирования и перемежения, а также физического выполнения рассматриваемых операций, составляет 70-80 мс.

**1.7.3 Детектор активности речи**

Детектор активности речи (VAD) играет решающую роль в снижении потребления энергии от аккумуляторной батареи в портативных абонентских терминалах. Он также снижает интерференционные помехи за счет переключения свободных каналов в пассивный режим. Реализация VAD зависит от типа применяемого речевого кодека. Главная задача при проектировании VAD - обеспечить надежное отличие между условиями активного и пассивного каналов. Если канал на мгновение свободен, его можно заблокировать, поскольку средняя активность речи говорящего ниже 50%, то это может привести к существенной экономии энергии аккумуляторной батареи. К устройствам VAD предъявляются следующие основные требования:

- минимизация вероятности ложной тревоги при воздействии только шума с высоким уровнем;

- высокая вероятность правильного обнаружения речи низкого уровня;

- высокое быстродействие распознавания речи, для исключения задержек включения:

- минимальное время задержки выключения. В стандарте GSM принята схема VAD с обработкой в частотной области. Ее работа основана на различии спектральных характеристик речи и шума. Считается, что фоновый шум является стационарным в течение относительно большого периода времени, его спектр также медленно изменяется во времени. VAD определяет спектральные отклонения входного воздействия от спектра фонового шума. Эта операция осуществляется инверсным фильтром, коэффициенты которого устанавливаются применительно к воздействию на входе только фонового шума. При наличии на входе речи и шума инверсный фильтр осуществляет подавление компонентов шума и, в целом, снижает его интенсивность. Энергия смеси сигнал+шум на выходе инверсного фильтра сравнивается с порогом, который устанавливается в период воздействия на входе только шума. Этот порог находится выше уровня энергии шумового сигнала. Превышение порогового уровня принимается за наличие на входе реализации (сигнал+шум). Коэффициенты инверсного фильтра и уровень порога изменяются во времени в зависимости от текущего значения уровня шума при воздействии на входе только шума. Поскольку эти параметры (коэффициенты и порог) используются детектором VAD для обнаружения речи, сам VAD не может на этой же основе принимать решение, когда их изменять. Это решение принимается вторичным VAD на основе сравнения огибающих спектров в последовательные моменты времени. Если они аналогичны для относительно длительного периода времени, предполагается, что имеет место шум, и

коэффициенты фильтра и шумовой порог можно изменять, то есть адаптировать под текущий уровень и спектральные характеристики входного шума.

VAD с обработкой в спектральной области удачно сочетается с речевым RPE/LTP-LPC кодеком, так как в процессе LPC анализа уже определяется огибающая спектра входного воздействия, необходимая для работы вторичного VAD.

**1.7.4 Формирование комфортного шума**

Формирование комфортного шума осуществляется в паузах активной речи и управляется речевым декодером. Когда детектор активности речи (VAD) в передатчике обнаружит, что говорящий прекращает разговор, передатчик остается еще включенным в течение следующих пяти речевых кадров. Во время первых четырех из них характеристики фонового шума оцениваются путем усреднения коэффициента усиления и коэффициентов фильтра LPC анализа. Эти усредненные значения передаются в следующем пятом кадре, в котором содержат информацию о комфортном шуме (SID кадр).

В речевом декодере комфортный шум генерируется на основе LPC анализа SID кадра. Чтобы исключить раздражающее влияние модуляции шума, комфортный шум должен соответствовать по амплитуде и спектру реальному фоновому шуму в месте передачи. В условиях подвижной связи фоновый шум может постоянно изменяться. Это значит, что характеристики шума должны передаваться с передающей стороны на приемную сторону не только в конце каждого речевого всплеска, но и в речевых паузах так, чтобы между комфортным и реальным шумом не было бы резких рассогласований в следующих речевых кадрах. По этой причине SID кадры посылаются каждые 480 мс в течение речевых пауз.

Динамическое изменение характеристик комфортного шума обеспечивает натуральность воспроизведения речевого сообщения при использовании системы прерывистой передачи речи.

**1.7.5 Экстраполяция потерянного речевого кадра**

В условиях замираний сигналов в подвижной связи речевые фрагменты могут подвергаться значительным искажениям. При этом для исключения раздражающего эффекта при воспроизведении необходимо осуществлять экстраполяцию речевого кадра.

Было установлено, что потеря одного речевого кадра может быть значительно компенсирована путем повторения предыдущего фрагмента. При значительных по продолжительности перерывах в связи предыдущий фрагмент больше не повторяется, и сигнал на выходе речевого декодера постепенно заглушается, чтобы указать пользователю на разрушение канала.

То же самое происходит и с SID кадром. Если SID кадр потерян во время речевой паузы, то формируется комфортный шум с параметрами предыдущего SID кадра. Если потерян еще один SID кадр, то комфортный шум постепенно заглушается.

Применение экстраполяции речи при цифровой передаче, формирование плавных акустических переходов при замираниях сигнала в каналах в совокупности с полным DTX процессом значительно улучшает потребительские качества связи с GSM PLMN по сравнению с существующими аналоговыми сотовыми системами связи.

**2 Генерирование случайного процесса, нахождение оценок статистических характеристик сгенерированного процесса**

Исходя из технического задания, параметры спектра генерированного сигнала следующие: 210 Гц, 20 Гц, Т=0,001 с.



Кодирование речи в стандарте GSM основано на синтезе модели авторегрессии (АР) речевого сигнала с полюсной передаточной функцией. Применение метода LPC-LTP-RPE- линейного предсказания с возбуждением от регулярных импульсов с долговременным и кратковременным предсказанием позволило, применяя модель АР невысокого порядка, добиться высокого качества передачи речи. Модель АР описывается разностным уравнением вида:

,



где и – параметры модели АР, соответственно коэффициенты и порядок АР;– ошибки предсказания, представляющие собой некоррелированные случайные отсчеты. Сущность модели АР состоит в том, что текущий отсчет может быть спрогнозирован по предшествующим отсчетам с точностью до непрогнозируемого абсолютно случайного отсчета типа белого шума.



Для второго порядка уравнение АР имеет вид:



Произведем расчет коэффициентов АР и по следующим формулам :



; -2<<2; = 0.4671;



; -1<<1; = - 0.8819;



Построим спектральную плотность по мощности (СПМ) процесса

АР.Оценку СПМ произведем исходя из следующей формулы:



На рис.2.1 представлен график СПМ процесса АР построенный на основе расчетных коэффициентов АР:



**Рисунок 2.1 График СПМ процесса АР**

Сгенерируем случайный процесс белого шума (БШ) график которого изображен на рис. 2.2:



**Рисунок 2.2 –График гауссовского случайного процесса типа белый шум**

Построим коррелированный процесс АР график которого изображен на рис.2.3 :



**Рисунок 2.3-График коррелированного процесса АР**

Из графика видно, что коррелированный процесс имеет некоторую периодическую закономерность в отличии от процесса типа БШ.

Построим корреляционную функцию случайного процесса типа БШ



График корреляционной функции показан на рис.2.4 :



**Рисунок 2.4-График корреляционной функции случайного процесса БШ**

Для белого шума корреляционная функция должна быть дельта - функцией (в идеальном случае), в реальном случае же будут наблюдаться некоторые колебания функции относительно нуля.

Коэффициенты рассчитываются по значениям коэффициентов корреляции с помощью уравнений Юла – Уокера или по методу Левинсона – Дарбина. Порядок оценивается с использованием некоторого критерия. По критерию Барлетта можно полагать, что истинный порядок модели АР равен , если коэффициент модели АР -го порядка меньше величины . За порядок модели АР можно принимать значение , начиная с которого функция корреляции ошибок предсказания близка к нулю. АР модель обладает свойством минимизировать дисперсию ошибки предсказания. Поэтому за порядок модели можно принять такое , начиная с которого дальнейшее увеличение порядка не приводит к существенному уменьшению дисперсии ошибки предсказания.



Для белого шума корреляционная функция должна быть дельта - функцией (в идеальном случае), но реальном случае наблюдаем некоторые колебания функции относительно нуля.

Построим график корреляционной функции для коррелированного процесса АР,который представлен на рис.2.5:



## Рисунок 2.5-График корреляционной функции для коррелированного процесса АР

Для белого шума корреляционная функция должна быть дельта - функцией (в идеальном случае), в реальном случае же будут наблюдаться некоторые колебания функции относительно нуля.

## Если порядок модели АР выбран не точно, или как в методе LPC – LTP –RPE, порядок модели выбирается одинаковым для любого участка речи, процесс на выходе фильтра будет слабо коррелирован, и его можно использовать в качестве порождающего в синтезаторе речи.



Рассчитаем выборочные значения коэффициентов АР из системы уравнений :

; = 0.4911;



; =-0.8650 ;



Произведем оценку СПМ используя выборочные значения коэффициентов АР :

;



График выборочного СПМ процесса АР изображен на рис.2.7:



**Рисунок 2.7- График выборочного СПМ процесса АР**

Рассчитаем дисперсию для коррелированного процесса и процесса типа БШ :

; =1.0078;



=4.3660;

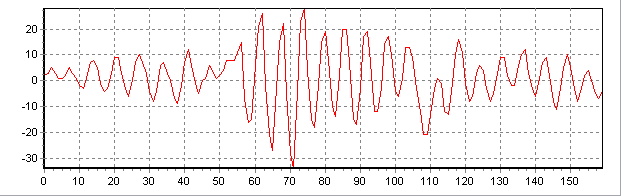


Сравнив графики на рис.2.1и на рис.2.7 видим, что теоретический СПМ и выборочный СПМ совпадают, следовательно расчет произведен верно.

**3 Нахождение статистических характеристик фонемы «К» в процессе ее кодирования и декодирования**

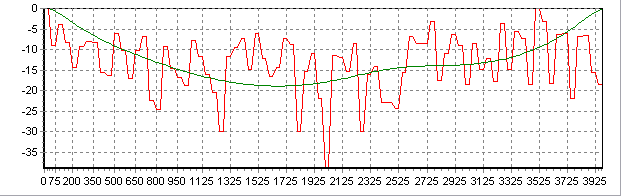
**3.1 Кодирование фонемы «К»**

Кодирование фонемы осуществляется, при помощи программы "Кодер GSM", написанной в среде объектного программирования DELPHI. В программе реализован упрощенный алгоритм кодирования речи методом LPC – LTP – RPE(метод регулярного импульсного возбуждения – линейного долговременного предсказания – линейного кодирования с предсказанием), который применен в стандарте GSM. Исходный файл звука записан в формате wav. Далее построим графики: выборки фонемы, корреляционные функции фонемы на входе кодера и после блоков LPC,LTP и для параметрической спектральной плотности мощности. На вход кадра речи поступают, дискритизированные с частотой 8 кГц, отсчеты речи , разбитые на сегменты по 20 мс. На рис.3.1изображен график сигнала на входе кодера:



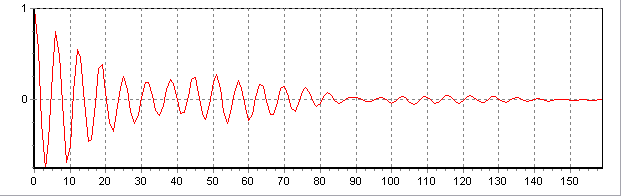
**Рисунок 3.1-График сигнал на входе кодера**

Далее на рис 3.2 представлен вид спектра сигнала на входе кодера.



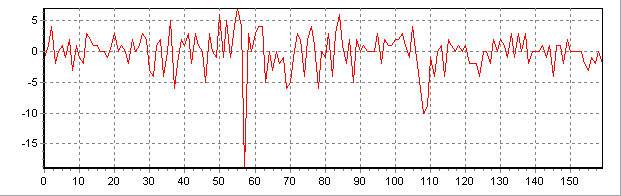
На рис.3.2 изображен график спектра сигнала на входе кодера и для параметрической спектральной плотности мощности

Построим корреляционную функцию сигнала, поступающего на вход кодера [рис. 3.3].



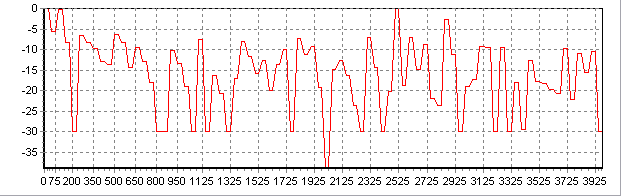
**Рисунок 3.3-График корреляционной функции на входе кодера**

Итак, на рис 3.4 представлен вид сигнала, прошедшего кодер LPC:



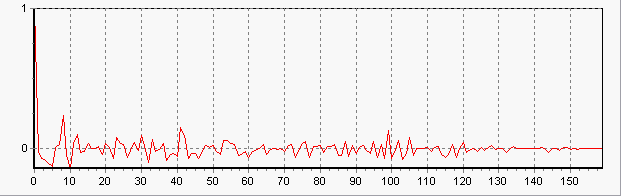
**Рисунок 3.4-График сигнала на выходе блока LPC**

Далее на рисунке 3.5 представлен вид спектра сигнала на выходе кодера LPC:



**Рисунок 3.5-График спектра сигнала на выходе блока LPC**

На рис 3.6 продемонстрируем вид корреляционной функции сигнала на выходе LPC:



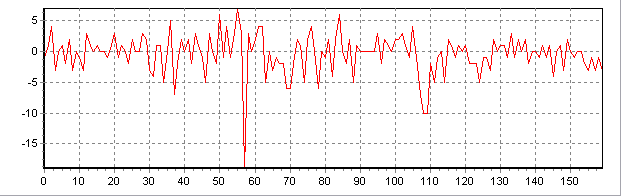
**Рисунок 3.6-График корреляционной функции сигнала на выходе блока LPC**

Выделенные оценки из , блоком LPC, преобразуются в и подаются на мультиплексор. Полученные оценки поступают на анализирующий РФ и формируют необходимую передаточную функцию . После пропускания через этот РФ остаток краткосрочного предсказания поступает на LTP анализатор. Для работы долговременного предсказателя производятся оценки основного тона и коэффициентов отражения РФ третьего порядка по остаткам предсказания .



Далее пронаблюдаем, какой вид имеет сигнал, а так же его параметры на выходе LTP.

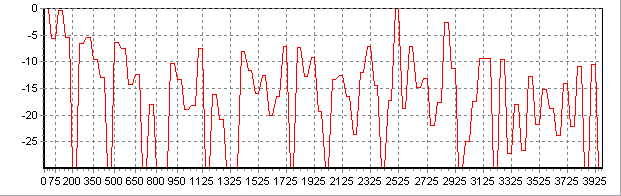
Вид сигнала на выходе LTP представлен на рис 3.7:



**Рисунок 3.7-График сигнала на выходе блока LTP**

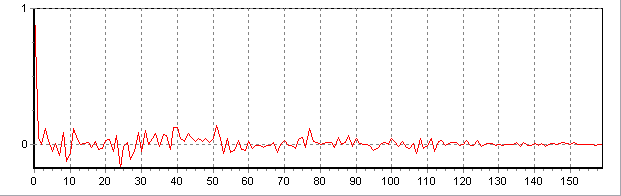
Изменения сигнала не заметны после прохождения блока LTP. Так как это блок долговременного предсказания.

Спектр сигнала на выходе LTP будет иметь вид представленный на рис.3.8:



**Рисунок 3.8-График спектра сигнала на выходе блока LTP**

Корреляционная функция сигнала на выходе LTP представлена на рис. 3.9:



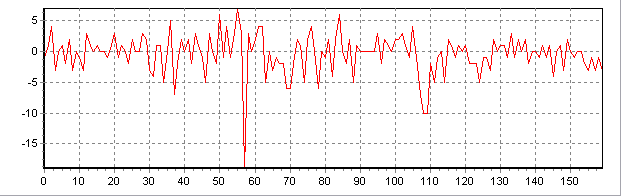
**Рисунок 3.9-График корреляционной функции сигнала на выходе блока LTP**

**3.2 Декодирование фонемы «К»**

Для декодирования используем файл к.cod. Из канала связи данные с помощью демультиплексора распределяются по различным блокам декодера. На RPE декодер поступают номер последовательности , максимальное значение импульса выборки , представляющей собой прореженный остаток предсказания. Здесь отсчеты выборки масштабируются и дополняются нулями. Восстановленная таким образом выборка подается на LTP – синтезатор.

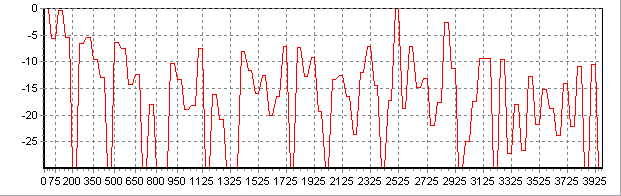


Итак, сигнал на входе блока LTP:



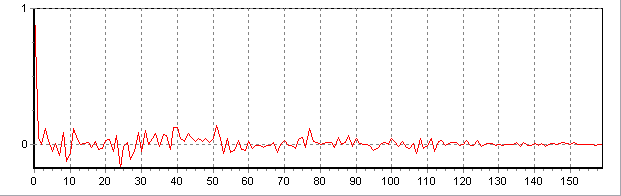
**Рисунок 3.10-График сигнала на входе блока LTP**

Спектр сигнала на входе LTP имеет вид:



**Рисунок 3.11-График спектра сигнала на входе LTP**

Корреляционная функция сигнала на входе LTP изображена на рис.3.12:



**Рисунок 3.12-График корреляционной функции сигнала на входе LTP**

Далее коэффициенты отражения на этот РФ поступают с демультиплексора через преобразователь коэффициента логарифма площади в по формуле:



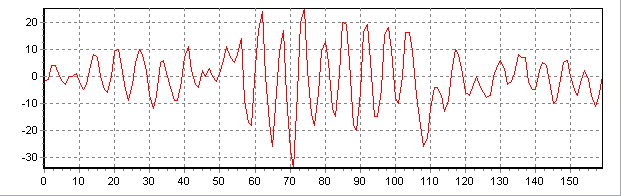
.



Все коэффициенты отражения (для LPC и LTP) должны полностью совпадать с коэффициентами рассчитанными для кодера. Сигнал с выхода LPC – синтезатора для уменьшения шумов квантования поступает на пост-фильтр, на выходе которого получают декодированный речевой сигнал .

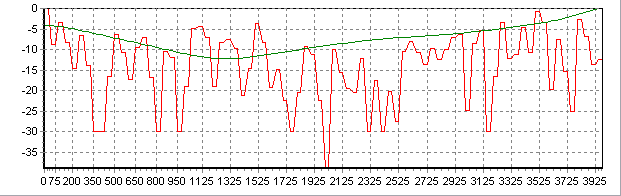


Итак, вид сигнала, полученного на выходе декодера имеет ,следующий вид [рис.3.13]:



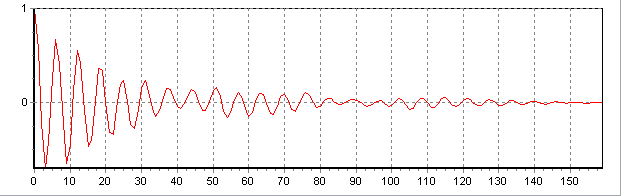
**Рисунок 3.13-График сигнала на выходе декодера**

Спектр сигнала на выходе декодера изображен на рис.3.14:



**Рисунок 3.14-График спектра сигнала на выходе декодера и для параметрической спектральной плотности мощности**

Корреляционная функция сигнала на выходе кодера представлена на рис .3.15:



**Рисунок 3.15-График корреляционной функции сигнала на выходе декодера**

Подводя итог, можно сделать вывод: Сравнив рис.3.1 и рис.3.13 увидим, что сигнал на входе кодера и на выходе декодера имеет существенные сходства, следовательно процесс кодирования и декодирования был проведен успешно.

**4 Расчет основных характеристик проектируемых сетей стандарта**

**GSM-1800 и NMT-900 и их сравнение**

**4.1 Характеристики проектированной сети**

-площадь 800 км2 ;



-количество абонентов 90 000;



-активность абонента 0.023Эрл;



-вероятность блокировки 0.12;



-полоса частот 8 МГц;



-полоса частот занимаемая одним частотным каналом Fk=200 кГц(GSM) и

Fk=25 кГц(NMT);

-число абонентов на 1 частотный канал nа=8(GSM) и nа=1(NMT);

-высота антенны 20 м;



-усиление антенны 12дБ;



-мощность передатчика =1 Вт;



-защитное отношение С/Ш 9дБ;



-время в течении которого С/Ш на входе приемника будет меньше 10%;



-уровень случайных флуктуаций 10 дБ;



**4.2 Расчет основных характеристик сетей стандарта GSM-1800**

Вычислим общее число частотных каналов в сети по формуле:



Из формулы : где i и j - целые числа, причем i j



i=4; j=0

находим размерность кластера К=16 и антенны на БС с 120-градусными ДН (М=3;l=2). При этом относительное расстояние повторного использования частотных каналов равно : ;



Рассчитываем коэффициенты ,определяющие медианное значение затухания радиоволн на i-й трассе распространения помехи.В данном случае:



;



Определяем величины ,, :



;



;



;



Определяем среднее отношение сигнал/помеха на входе приемника:

;



Величина нижнего предела интеграла :

;



Используя таблицы, находим процент времени, в течение которого отношение сигнал/помеха на входе приемника МС будет находиться ниже защитного отношения 9дБ при выбранной размерности кластера (К=9)



;



Поскольку неравенство :

,



поэтому оставляем данную размерность и продолжаем расчет параметров

Итак, далее рассчитаем количество радиочастот для обслуживания абонентов в одном секторе ячейки:



Общее число каналов



Поскольку

;



то допустимая величина телефонной нагрузки в одном секторе одной соты:

;



Эрл



Число абонентов, обслуживаемых одной БС, при М=3 равно:

;



Число БС на обслуживаемой территории определяется по формуле :

;



Радиус соты в проектируемой ССПР :

;



км



Находим уровень мощности сигнала на входе приемника мобильной станции



дБВт



**4.3 Расчет основных характеристик сетей стандарта NMT**

Определяем общее число частотных каналов для проектируемой ССПР:



Из формулы : где i и j - целые числа, причем i j



i=3; j=1 находим размерность кластера К=13 и



Для базовых станций выбираем секторные антенны с 60-ти градусной ДН, при этом М=6 и l=1.

Коэффициент находим следующим образом:



Определяем величины ,, :



;



Определяем среднее значение отношения сигнал/помеха на входе приемника:



Находим величину нижнего предела интеграла в выражении по формуле :



Далее находим значение Q-функции :



и процент времени



При размерности кластера К=16, неравенство выполняется, поэтому оставляем данную размерность и продолжаем расчет параметров.



Итак, далее рассчитаем количество радиочастот для обслуживания абонентов в одном секторе ячейки:



Общее число каналов n0=ns\*na=2\*1=2.

Поскольку:



то допустимая величина телефонной нагрузки в одном секторе одной соты:

Эрл



Число абонентов, обслуживаемых одной БС, при М=6 равно:



Число БС на обслуживаемой территории :



Радиус соты в проектируемой ССПР :

км



Находим уровень мощности сигнала на входе приемника мобильной станции:

дБВт



По итогам расчетов сравнивая полученные характеристики спроектированных сетей сотовой связи стандартов GSM-1800 и NMT-900, можно заметить, что применение цифровой стандарт GSM обладает, более высокой, чем NMТ, помехоустойчивостью, позволяет построить ССПР с гораздо меньшим числом базовых станций (126 и 288).Каждая БС стандарта GSM обслуживает большее количество абонентов (711 и 312). Отсюда следует, что для заданных параметров сети, затраты на строительство ССПР GSM окажутся несколько меньшими, чем затраты на строительство NMT.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе выполнения курсовой работы были рассмотрены характеристики сети стандарта GSM. Также была рассмотрена ее структура, принцип работы и услуги, которые система поддерживает. Было произведено генерирование случайного процесса, и построены графики, характеризующие спектры, авторегрессию и корреляционные функции процессов. Далее было рассмотрено кодирование и декодирование фонемы «K» в системе GSM, были приведены соответствующие графики, демонстрирующие вид сигнала и его характеристик в основных блоках схемы кодирования/декодирования. Далее была произведена сравнительная оценка эффективности систем GSM и NMT, в результате которой пришли к выводу, что затраты на строительство ССПР GSM окажутся несколько меньшими, чем затраты на строительство NMT.Так как в аналоговом стандарте сотовой связи NMT необходимо большее число БС. Главным преимуществом ССС GSM по сравнению с NMT является более широкая абонентская база, так как емкость системы подвижной радиосвязи является важнейшей характеристикой.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Ю.А. Громаков. Структура TDMA кадров и формирование сигналов в стандарте GSM. "Электросвязь". N 10. 1993. с. 9-12.

2. M.Mouly, M.B.Pautet. The GSM System for Mobile Communications. 1992. p.p. 702.

3. A. Mehrotra. Cellular Radio: Analog and Digital Systems. Artech House, Boston-London. 1994.p.p.460.

4. Ю.А. Громаков. Структура TDMA кадров и формирование сигналов в стандарте GSM."Электросвязь".N10.1993.с.9-12.

5. W. Heger. GSM vs. CDMA. GSM Global System for Mobile Communications. Proceedings of the GSM Promotion Seminar 1994 GSM MoU Group in Cooperation with ETSI GSM Members. 15 December 1994. p.p. 3.1-1 - 3.1-18.

6.Сукачев Э.А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами: Учебн пособие. - Изд. 2-е, испр. и дополн. - Одесса: УГАС, 2000. - 119с

7. Ю.А. Громаков. Сотовые системы подвижной радиосвязи. Технологии электронныхкоммуникаций. Том 48. "Эко-Трендз". Москва. 1994.