

Федеральное агентство связи
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
Кафедра СРС

Курсовая работа
Описание транкинговой системы стандарта TETRA
Выполнил студент Валяева О.М.
Факультет РРТ Группа Р-11
Проверил руководитель Носов В.И

Новосибирск
2005 г.
Содержание

1. Введение
 2. Краткая характеристика стандарта
 - 2.1 Сравнительная характеристика стандартов TETRA и GSM
 3. Основные характеристики протокола
 - 3.1 Структура радиointерфейса
 - 3.2 Выбор модуляции
 - 3.3 Кодирование/декодирование речевого сигнала
 - 3.4 Шифрование и защита информации
 4. Интерфейсы и передача данных стандарта TETRA
 - 4.1 Интерфейсы TETRA
 - 4.2 Приложения на базе технологии передачи данных
 5. Заключение
- Библиография
1. Введение

TETRA (Terrestrial TRunked Radio - наземная система подвижной связи с автоматическим выделением каналов) - это открытый стандарт цифровых ведомственных сетей подвижной связи, т.е. предполагается, что оборудование различных производителей будет совместимо между собой. Стандарт TETRA разработан Европейским институтом стандартов связи (ETSI) в расчете на удовлетворение потребностей наиболее требовательных пользователей, динамично развивающихся ведомственных сетей PMR, представляет собой новейший пример разработок стандартов ETSI и соответствует тенденциям развития, установленным стандартом GSM (общий стандарт подвижной связи) - стандартом, разработанным в

Европе, но получившим распространение во всем мире.

Деятельность правоохранительных органов и служб общественной безопасности сегодня невозможно представить без использования систем подвижной радиосвязи, среди которых в последнее время наибольшую популярность приобретают транкинговые системы. Эти системы позволяют строить разветвленные ведомственные сети связи с высоким уровнем предоставляемых услуг на больших территориях, сохраняя при этом возможности организации группового соединения абонентов, которое является основным режимом связи подразделений правоохранительных органов.

Повышенные требования служб общественной безопасности и правоохранительных органов к оперативности, надежности и безопасности связи, наличие специальных услуг заставляют их обращать особое внимание на системы цифровой транкинговой радиосвязи, имеющие существенные преимущества перед аналоговыми.

Доступ к спецификациям TETRA свободен для всех заинтересованных сторон, вступивших в ассоциацию "Меморандум о взаимопонимании и содействии стандарту TETRA" (MoU TETRA) [3]. Ассоциация объединяет разработчиков, производителей, испытательные лаборатории и пользователей различных стран.

В данной курсовой работе будет раскрыт основной принцип работы системы:

- частоты, с которыми работает стандарт;
- стандартные интерфейсы, основные характеристики протокола (а также структура) радиointерфейса стандарта TETRA;
- передача данных, способ используемой модуляции, шифрование и защита информации.

2 Краткая характеристика стандарта

Система стандарта TETRA может функционировать в следующих режимах [2]:

- транкинговой связи;
- с открытым каналом;
- непосредственной связи.

В режиме транкинговой связи обслуживаемая территория перекрывается зонами действия базовых приемопередающих станций. Стандарт TETRA позволяет строить как системы с выделенным частотным каналом управления, так и с распределенным. При работе сети связи с выделенным каналом управления приемопередающие станции предоставляют абонентам несколько частотных каналов, один из которых -- канал управления, специально предназначается для обмена служебной информацией. При работе сети с распределенным каналом управления служебная информация передается либо в специально выделенном временном канале (одном из 4-х каналов, организуемых на одной частоте), либо в контрольном кадре мультикадра (одном из 18).

В режиме с открытым каналом группа пользователей имеет возможность устанавливать соединение "один пункт -- несколько пунктов" без какой-либо установочной процедуры. Любой абонент, присоединившись к группе, может в любой момент использовать этот канал. В режиме с открытым каналом

радиостанции работают в двухчастотном симплексе.

В режиме непосредственной (прямой) связи между терминалами устанавливаются двух- и многоточечные соединения по радиоканалам, не связанным с каналом управления сетью, без передачи сигналов через базовые приемопередающие станции.

К основным сетевым процедурам относятся:

- регистрация мобильных абонентов и роуминг (процедура закрепления абонента за одной или несколькими базовыми станциями и обеспечение возможности перемещаться из зоны в зону без потери связи);
- повторное установление связи (обеспечение возможности замены сетью базовой станции, используемой абонентом, в случае ухудшения условий связи);
- аутентификация абонентов (установление подлинности абонентов);
- отключение/подключение абонента (процедура отключения (подключения) абонента от сети по его инициативе);
- отключение абонента оператором сети (процедура блокирования работы абонентского терминала оператором сети);
- управление потоком данных (обеспечение возможности сети переключать на себя поток данных, направленный к определенному абоненту).

В стандарт введены следующие услуги:

- вызов, санкционированный диспетчером (режим, при котором вызовы поступают только с санкции диспетчера);
- приоритетный доступ (в случае перегруженности сети доступные ресурсы присваиваются в соответствии со схемой приоритетов);
- приоритетный вызов (присвоение вызовов в соответствии со схемой приоритетов);
- избирательное прослушивание (перехват поступающего вызова без влияния на работу других абонентов);
- дистанционное прослушивание (дистанционное включение абонентской радиостанции на передачу для прослушивания обстановки у абонента);
- динамическая перегруппировка (динамическое создание, модификация и удаление групп пользователей).

2.1 Сравнительная характеристика стандартов TETRA и GSM

По сравнению с сетями сотовой связи транкинговые системы TETRA гораздо более эффективны при создании однозональных сетей связи или сетей с локальным покрытием территории.

Технология TETRA определяется как система с уплотнением каналов доступа с временным разделением ("Time Division Multiple Access") с четырьмя независимыми каналами передачи на каждой несущей частоте [3]. Расстояние между отдельными несущими составляет 25 кГц. Это позволяет повысить вдвое использование частот по сравнению с аналоговыми транкинговыми радиосистемами, работающими с частотным разносом 12,5 кГц (в соответствии со стандартом МРТ 1327), и в то же время улучшить качество передачи голоса. По сравнению с сетями стандарта GSM, в которых предлагается 8 каналов связи с разносом частот 200 кГц, системы

технологии TETRA вчетверо повышают эффективность использования частотного диапазона, и обеспечивающий эффективность эксплуатации сетей связи с небольшим радиусом зоны обслуживания, но интенсивным трафиком.

Другое различие заключается в схеме организации связи. В сотовых системах и системах беспроводного доступа осуществляются индивидуальные вызовы между абонентами. Средняя длительность разговора может достигать несколько минут. Типовой режим работы транкинговых систем основан на передаче коротких вызовов (менее 1 мин), которые могут организовываться как индивидуально, так и через диспетчера.

Стандарт TETRA предусматривает адаптивное дискретное изменение уровня выходной мощности в процессе сеанса связи абонентов в соответствии с требуемой напряженностью поля, что при высокой плотности радиосредств приводит к существенному уменьшению взаимных радиопомех. Общеизвестно, что при чрезвычайных ситуациях, например, крупных авариях, пожарах или терактах, многие виды связи оказываются неэффективными. В частности, сотовые системы при большой нагрузке из одной точки просто начинают давать сбои, и на совершение звонка по радиотелефону уходят многие минуты, хотя зачастую счет в таких ситуациях идет на секунды.

Преимущества TETRA объясняется наличием в этом стандарте целого ряда функциональных возможностей и режимов (возможность функционирования в режиме конвенциональной связи вне зоны действия базовой станции, режим "двойного" наблюдения, при котором обеспечивается прием сообщений от абонентов, работающих в режиме транкинговой связи, и от абонентов, работающих в режиме конвенциональной связи, режим работы мобильной радиостанции в качестве ретранслятора для расширения зоны радиопокрытия портативных радиостанций), которые не реализуются в сетях сотовой связи. При этом время установления связи не превышает 300 мс, что довольно существенно (для сравнения, в системах GSM связь устанавливается в течение нескольких секунд).

3 Основные характеристики протокола радиointерфейса TETRA

Радиointерфейс стандарта TETRA предполагает работу в стандартной сетке частот с шагом 25 кГц. Необходимый минимальный дуплексный разнос частот в радиоканалах составляет 40 МГц. Требуемый уровень излучения в соседнем канале 60 дБ. Решениями комитета ERC за системами TETRA закреплены следующие диапазоны частот:

- 380 - 400 МГц - для аварийно-спасательных служб и служб безопасности;
- 410 - 430 МГц, 450 - 470 МГц, 870 - 876 МГц и 915 - 921 МГц - для гражданского (коммерческого) использования.

В системах TETRA эффективно используется частотный ресурс. Функционирование систем стандарта TETRA, построенных на базе технологии TDMA (метод многостанционного доступа с временным разделением каналов связи-- Time Division Multiple Access, на одной физической (рабочей) частоте может быть организовано до 4 независимых временных (информационных) каналов, что позволяет вести

переговоры по радиоканалу одновременно с передачей данных). Это позволяет также упростить радиочастотную часть оборудования базовой станции (требуется только один ретранслятор, антенны, фидер и т. д. на четыре рабочих канала). Разработка стандарта была начата в 1994 г. и уже в 1996 г. были представлены первые версии спецификаций стандарта TETRA.

Стандарт TETRA состоит из двух частей [2]: TETRA V+D (TETRAVoice+Data) - стандарта на интегрированную систему передачи речи и данных, и TETRA PDO (TETRA Packet Data Optimized) - стандарта, описывающего специальный вариант транкинговой системы, ориентированной только на передачу данных.

В режиме передачи данных для одного сеанса связи (одному абоненту) может одновременно выделяться от одного до четырех потоков, этим обеспечивается скорость передачи данных до 28.8 кбит/с (в стандарте GSM - только 9.6 кбит/с). Именно в этом случае стандарт TETRA обеспечивает нужное качество сервиса, так как по требованию можно зарезервировать необходимую полосу пропускания. Если пользователю необходимо повысить пропускную способность, можно объединить 2 - 4 временных слота и установить канал связи сквозным.

Передача четырех речевых каналов в полосе 25 кГц стала возможной благодаря использованию в стандарте TETRA низкоскоростного кодера речи с алгоритмом CELP(Code Excited Linear Prediction), относящихся к классу алгоритмов «анализа и синтеза» речи. Принцип анализа и синтеза состоит в преобразовании параметров речи и в предоставлении их в такой форме, чтобы ошибка на выходе по отношению к входу была минимальной.

Для преобразования речи в стандарте используется кодек с алгоритмом преобразования типа CELP. Скорость цифрового потока на выходе кодека составляет 4,8 кбит/с. Цифровые данные с выхода речевого кодека подвергаются блочному и сверточному кодированию, перемежению и шифрованию, после чего формируются информационные каналы. Пропускная способность одного информационного канала составляет 7,2 кбит/с (из которых для передачи оцифрованного и сжатого речевого сигнала используется 4.8 кбит/с, а оставшиеся 2.4 кбит/с отводится для передачи кода коррекции ошибок), а скорость цифрового информационного потока данных -- 28,8 кбит/с.

При этом общая скорость передачи символов в радиоканале за счет дополнительной служебной информации и контрольного кадра в мультикадре соответствует скорости модуляции и равна 36 кбит/с.

3.1 Структура радиointерфейса

В системах стандарта TETRA V+D используется метод TDMA. На одной несущей частоте организуется четыре разговорных канала.

Структура передаваемого кадра, продолжительностью 56.67 мс, (рисунок 3.1) представляет собой четыре временных интервала на кадр TDMA [1]. Передача сообщений осуществляется мультикадрами. Восемнадцать кадров TDMA образуют мультикадр, один из кадров которого постоянно используют для передачи управляющего (контрольного) сигнала; 60 мультикадров образуют гиперкадр.

Продолжительность мультикадра составляет 1.02 с. Каждый временной интервал (слот) равен 14.67 мс, в котором помещаются 510 информационных бит, 432 из них относятся к информационному сообщению (два блока по 216 бит). В середине каждого временного интервала находится синхропоследовательность SYNCH, которая применяется для временной синхронизации пакета и как тестирующая или (обучающая) последовательность для адаптивного канального эквалайзера в приемнике.

В начале временного интервала передается пакет из 36 бит PA (Power Amplifier - управление излучаемой мощностью). За ним следует первый информационный блок (216 бит), далее - синхропоследовательность SYNC (36 бит), второй информационный блок. Соседние временные интервалы разделяются защитными периодами длительностью 0.167 мс, что соответствует 6 битам.

Применение схем сжатия позволяет транспортировать сигнал голоса и данных в 17 кадрах TDMA, оставляя 18-ый кадр для передачи сигналов управления. Данный управляющий кадр обеспечивает одну из уникальных особенностей протокола обмена TETRA - поток данных не прерывается для передачи сигнализации.

Последняя постоянно передается в фоновом режиме - даже в так называемом минимальном режиме MM (Minimum Mode), когда все каналы заняты абонентами.

Для достижения высокой частоты звукового сигнала, передаваемого по радиоканалу со скоростью 7.2 кбит/с, применяются методы прямой коррекции ошибок FEC (Forward Error Correction) и циклическую избыточность кодирования CRC (Cyclic Redundancy Check). До поступления речевого потока на вход модулятора к нему добавляется корректирующий код, после чего производится межблочное перемежение. Если в процессе передачи потерян пакет сообщения, то при деперемежии в приемнике он трансформируется в одиночные ошибки, которые исправляются методом FEC (Forward Error Correction).

Для обнаружения ошибок при передаче в канале радиосвязи, их исправления в канальном кодировании применяются технологии Forward Error Correction (FEC) и Cyclic Redundancy Check (CRC) в виде четырех процедур: блочного кодирования (block-encoding), сверточного кодирования (convolutional encoding), перемежения (interleaving) и шифрования (scrambling), после чего формируются информационные каналы. Скорость выходного потока равна 36 кбит/с.

Перечисленные свойства кодека обеспечиваются такими его функциями, как:

- оценка важности элементов речи SIF (Speech Importance Factor);
- установление комфортного уровня шума CNF (Comfort Noise Function);
- заимствование кадров FSF (Frame Stealing Function).

Функция SIF анализирует каждый речевой кадр, чтобы определить, насколько ухудшается качество передаваемой речи. В соответствии с результатами анализа этому кадру присваивается необходимый уровень защиты (низкий, средний или высокий). Функция CNF генерирует специальный кадр, который используется для замены недоброкачественных кадров речи.

На приемной стороне декодер производит аналогичные действия, но в обратном порядке.

Модуляционный поток подается на модулятор через специальный фильтр с импульсной характеристикой "приподнятый косинус" (raised cosine) для минимизации межсимвольных искажений.

Рисунок 3.1 - Структура кадра в системах TETRA

3.2 Выбор модуляции

Изменение фазы может иметь и более двух значений, например четыре (0, 90, 180 и 270°). В этом случае говорят о так называемой квадратурной фазовой модуляции (Quadrature Phase Shift Key, QPSK) [3] .

Радиоканал стандарта TETRA использует относительную фазовую модуляцию типа П/4-DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying). При этом каждому символу модуляции соответствует передача двух бит информации. Это снижает скорость передачи информационного цифрового потока с 36 кбит/с до 18 кбит/с.

Модулирующая последовательность бит разбивается на пары (дебиты), комбинация которой определяет относительный сдвиг ($+\pi/4, -\pi/4, +3\pi/4, -3\pi/4$), то есть за один такт передается два бита. Это позволяет в два раза снизить скорость модуляции (18 кбод), используя полосу радиоканала только 25 кГц.

Модуляционный поток подается на модулятор через специальный фильтр с импульсной характеристикой "приподнятый косинус" (raised cosine) для минимизации межсимвольных искажений.

Таблица 3.1 - Соответствия между входными дебитами и фазами модулированного сигнала

Фаза сигнала

di

dq

Входной дебит

0°

+1

+1

00

90°

+1

-1

01

180°

-1

-1

11

270°

-1

+1

10

Рисунок 3.2 - Квадратурная фазовая модуляция QPSK

Один из недостатков связан с тем, что в случае квадратурной фазовой модуляции при одновременной смене символов в обоих каналах модулятора (с +1, -1 на -1, +1 или с +1, +1 на -1, -1) в сигнале QPSK происходит скачок фазы на 180° . Такие скачки фазы, имеющие место и при обыкновенной двухфазной модуляции, вызывают паразитную амплитудную модуляцию огибающей сигнала. В результате этого при прохождении сигнала через узкополосный фильтр возникают провалы огибающей до нуля. Такие изменения сигнала нежелательны, поскольку приводят к увеличению энергии боковых полос и помех в канале связи.

Для того чтобы избежать этого нежелательного явления, прибегают к так называемой квадратурной фазовой модуляции со сдвигом. При таком типе модуляции формирование сигнала в квадратурной схеме происходит так же, как и в модуляторе QPSK, за исключением того, что кодирующие биты в Q-канале имеют временную задержку на длительность одного элемента T. Изменение фазы, при таком смещении кодирующих потоков, определяется лишь одним элементом последовательности, а не двумя. В результате скачки фазы на 180° отсутствуют,

поскольку каждый элемент последовательности, поступающий на вход модулятора синфазного или квадратурного канала, может вызвать изменение фазы на 0, 90 или 270° (-90°).

В стандарте TETRA используется относительная (дифференциальная) фазовая манипуляция со сдвигом кратным $\pi/4$ ($\pi/4$ DQPSK - Differential Quadrature Phase Shift Keying). При этом огибающая несущей имеет переменное значение, что накладывает повышенные требования к обеспечению линейности передающего тракта для достижения требуемых уровней подавления в соседнем канале. Этот факт определяет невысокую (по сравнению с радиотерминалами FDMA) выходную мощность и КПД выходного каскада абонентских терминалов стандарта TETRA.

3.3 Кодирование/декодирование речевого сигнала

Общение абонентов часто проходит в условиях высокого уровня окружающего шума. В отличие от пользователей сотовой связи, которые обычно могут выбирать подходящее место для ведения переговоров, абоненты транкинговых систем из различных служб безопасности не располагают такой возможностью: им нередко приходится работать на фоне завывания сирен, выстрелов, переговоров по громкой связи и т.п. При создании оборудования TETRA эта особенность была учтена. Оно обеспечивает необходимые в подобной обстановке большую мощность выходного аудиосигнала, его малое искажение и четкость речи. Хорошее качество передаваемой речи обусловлено использованием кодека TETRA.

Применяемый в стандарте TETRA алгоритм кодирования/декодирования базируется на методе линейного предсказания с многоимпульсным кодовым возбуждением (Code-Excited Linear Predictive, CELP), который дополнен специальными кодовыми книгами алгебраической структуры. Этот механизм кодирования получил название Algebraic CELP (ACELP).

Кодек, работающий по алгоритму ACELP, сжимает сегмент речевого сигнала длительностью 30 мс (16 выборок * 8 кГц = 128 кбит/с) в соответствии с набором правил кодовой книги и формирует набор закодированных речевых сигналов, передаваемых со скоростью речевого кодека -- 4,567 кбит/с. Для достижения необходимой чистоты речи при передаче сигнала по радиоканалу со скоростью 7,2 кбит/с используются также методы прямой коррекции ошибок (Forward Error Correction, FEC) и циклического избыточного кодирования (Cyclic Redundancy Code, CRC). На стороне приема декодер производит аналогичные действия, но в обратном порядке.

Перечисленные свойства кодека обеспечиваются такими его функциями:

- оценки важности элементов речи (Speech Importance Factor, SIF);
- установления комфортного уровня шума (Comfort Noise Function, CNF);
- заимствования кадров (Frame Stealing Function, FSF).

SIF анализирует каждый речевой кадр, чтобы определить, насколько ухудшится качество передаваемой речи в результате его потери. В соответствии с результатами анализа этому кадру присваивается необходимый уровень защиты (нулевой, т.е. низкий, средний или высокий). Функция CNF генерирует специальный кадр,

используемый для замены некачественных кадров речи либо кадров, служащих для передачи управляющих сигналов.

3.4 Шифрование и защита информации

Стандарт TETRA решает задачи обеспечения защиты информации пользователей применением механизмов:

- аутентификации абонентов;
- шифрования передаваемой информации;
- обеспечения скрытности номера абонента.

Стандарт TETRA имеет широкие возможности по разграничению доступа к передаваемой информации, чем обеспечивается высокая степень ее защиты от несанкционированного доступа. Шифрование активизируется только после успешного проведения процедуры аутентификации и предназначено для защиты речи и данных, а также данных сигнализации. На настоящем этапе развития этого стандарта, он включает четыре алгоритма шифрования. Их применение обеспечивает разные степени защиты группам пользователей в соответствии с различными требованиями по уровню безопасности. Шифрование речи реализуется в виде цифровой обработки низкоскоростного потока данных, что позволяет применять сложные алгоритмы с высокой криптостойкостью, не ухудшающие качество восстановленной речи. Такие алгоритмы реализуют почти полную защиту радиопереговоров от прослушивания. Цифровые потоки информации нельзя расшифровывать с помощью простых аналоговых сканеров, что ограждает их от вмешательства несанкционированных пользователей. При необходимости можно выбирать требуемый уровень защиты, правда, при этом, как это видно из таблицы 3.2, скорость передачи может значительно измениться. Необходимо отметить, что скорость передачи данных в сетях TETRA выше, чем в существующих сетях GSM. Таблица 3.2 - Зависимость скорости передачи данных (кбит/с) от степени защищенности канала

Уровень защиты

Число используемых тайм-слотов

2

3

4

Без защиты

7,2

14,4

21,6

28,8

Низкий

4,8

9,6

14,4

19,2

Высокий

2,4

4,8

7,2

9,6

В стандарте TETRA используется поточный метод шифрования, при котором формируемая ключевая псевдослучайная последовательность побитно складывается с потоком данных. Зная ключ и начальное значение псевдослучайной последовательности, получатель информации имеет возможность сформировать такую же последовательность и расшифровать закодированное сообщение при сохранении синхронизации между передающей и приемной сторонами.

Поточное шифрование имеет определенное преимущество перед другими методами шифрования, которое заключается в отсутствии размножения ошибок в канале с помехами. Другими словами, ошибка приема одного бита зашифрованного текста дает также только один ошибочный бит расшифрованного текста и не приводит к нескольким ошибкам.

4 Интерфейсы и передача данных стандарта TETRA

4.1 Интерфейсы TETRA

Для корректного взаимодействия всех элементов транкинговой сети стандарта TETRA определены девять интерфейсов:

- Air Interface (AI) - радиointерфейс между базовой станцией и абонентской радиостанцией
- Direct Mode Operation (DMO) - интерфейс прямого соединения между двумя

абонентскими радиостанциями

- Terminal Equipment Interface (TEI) - интерфейс между абонентской радиостанцией и терминалом передачи данных
- Inter System Interface (ISI) - межсистемный интерфейс для объединения нескольких TETRA систем (возможно, от разных фирм-изготовителей) в единую сеть
- Line-connected Station Interface (LSI) - интерфейс для подключения фиксированных абонентов к инфраструктуре
- Network Management Centre Interface (NMCI) - интерфейс центра управления системой
- Gateways to PABX, PSTN, ISDN, PDN - интерфейс для подключения к внешним сетям.
- Remote Line Connected Terminal Interface - интерфейс связи между удаленным диспетчером и инфраструктурой (SwMI)
- Man - Machine Interface (MMI) - интерфейс человек - устройство, определяющий стандартные функции взаимодействия оператора с терминалами.

Абонентские радиостанции (MS - Mobile Station) осуществляют взаимодействие с SwMI через стандартный радиоинтерфейс AI. В сети TETRA поддерживаются индивидуальные и групповые вызовы. Помимо соединений между абонентскими радиостанциями, через SwMI, может обеспечиваться обмен с фиксированными абонентами (диспетчерами, абонентами ТФОП (телефонная сеть общего пользования) и других сетей). Данные абоненты подключаются к SwMI непосредственно или через транзитную сеть.

Главной особенностью режима прямой связи (Direct Mode Operation - DMO) является неиспользование инфраструктуры SwMI для проведения связи между абонентскими радиостанциями. Абонентские радиостанции, используя протокол согласно ETS 300 396-3, осуществляют двухстороннюю радиосвязь на специально выделенных и запрограммированных для режима DMO частотах. Причем также возможен управляемый режим прямой связи MDMO, при котором доступ к каналу определяется авторизованным терминалом DMO.

Увеличение дальности связи достигается за счёт использования ретрансляторов сигналов как для транкинговых - TMO REP, так и для режима прямой связи DMO - DM REP.

Взаимодействие абонентской станции в режиме DMO с сетью TMO может поддерживаться через специальные шлюзы (DMO GATE) или ретранслятор/шлюз DMO - DM REP/GATE(рисунок 4.1).[3]

Рисунок 4.1 - Взаимодействие абонентской станции в режиме DMO с сетью TMO

Абонентская радиостанция может также работать в режиме "двойного наблюдения" (DW-MS): в режиме TMO и, одновременно, в режиме DMO.

Базовая станция (BS) является элементом инфраструктуры SwMI и обеспечивает поддержку одного или более радиоканалов, используемых абонентскими радиостанциями в пределах одной зоны обслуживания.

4.2 Приложения на базе технологии передачи данных стандарта TETRA

Основным фактором, определяющим возрастающую потребность в использовании беспроводной передачи данных, является желание пользователей повысить эффективность своей деятельности за счет увеличения скорости и точности передаваемой информации. Другой важный фактор, способствующий применению беспроводной передачи данных - желание повысить эффективности использования спектра и/или увеличить емкость сетей.

Учитывая вышесказанное, при определении функций, которые должны поддерживаться системами стандарта TETRA, были заложены следующие сервисы для передачи данных:

- статусные сообщения (Status Messaging);
- служба коротких сообщений (Short Data Service - SDS);
- передача данных с коммутацией каналов (Circuit Mode Data);
- пакетная передача данных (Packet Data Service).

Помимо сервисов передачи данных, стандарт TETRA определяет интерфейс периферийных устройств (PEI), который позволяет внешним устройствам и программам использовать возможности абонентских терминалов TETRA по передаче данных. Наличие стандартного интерфейса PEI, а также растущий рынок систем TETRA вызвал существенный интерес ряда компаний к разработке приложений, использующих передачу данных в сетях TETRA.

Эти приложения используются в следующих областях:

- управление парком автомобилей;
- системы контроля местоположения подвижных объектов (автомобилей, людей);
- электронная почта;
- формирование текстовых отчетов;
- передача текстовых сообщений;
- передача изображений;
- биометрические системы (контроль отпечатков пальцев);
- системы телеметрии и телеуправления подвижными объектами;
- системы работы с централизованными базами данных.

Статусные сообщения

Статусные сообщения являются наиболее старой формой неголосовых коммуникаций. Статусные сообщения предназначены для замены часто повторяющихся голосовых сообщений, используемых пользователями таких систем для информирования диспетчера о своем текущем статусе. Для передачи статусных сообщений используются цифровые коды, в свою очередь абонентские терминалы и диспетчерские рабочие станции содержат таблицы соответствия передаваемых цифровых кодов стандартным текстовым сообщениям.

Использование статусных сообщений в сочетании с идентификацией передающего абонента и фиксацией времени передачи сообщения позволяет организовать эффективные автоматизированные системы управления парком абонентов, а также повысить нагрузочную способность системы.

Сервис коротких сообщений

Сервис коротких сообщений позволяет абонентам сети осуществлять доступ к

информации, а также связываться между собой и обмениваться сообщениями. Типичными приложениями, использующими сервис коротких сообщений, являются:

- передача текстовых сообщений;
- системы контроля местоположения подвижных объектов;
- автоматизированные диспетчерские системы;
- запросы к централизованным базам данных;
- системы телеметрии и телеуправления.

Стандартом TETRA предусмотрено несколько типов коротких сообщений:

- Туре 1 - 1 байт;
- Туре 2 - 2 байта;
- Туре 3 - 3 байта;
- Туре 4 - 140 байт.

Несмотря на то, что величина коротких сообщений ограничена 140 байтами, сервис коротких сообщений является наиболее широко используемым способом передачи данных в системах стандарта TETRA. На базе сервиса коротких сообщений разработано большое количество приложений для организации автоматизированных диспетчерских служб, систем контроля за местоположением подвижных объектов и систем телеметрии и телеуправления.

Сервисы передачи больших объемов данных

Наряду с задачей передачи относительно небольших объемов данных, которая может быть решена с помощью сервиса коротких сообщений, часто возникает необходимость передачи больших объемов данных, например, для организации мобильного офиса, передачи изображений и для работы с централизованными базами данных. Для этого в стандарте TETRA предусмотрены две возможности: передача данных с коммутацией каналов и пакетная передача данных.

Передача данных с коммутацией каналов (Circuit Mode Data).

При передаче данных с коммутацией каналов устанавливается соединение между абонентами сети, аналогичное dial-up соединению между модемами в телефонной сети. В зависимости от уровня защиты от ошибок, обеспечиваемого инфраструктурой сети, в одном тайм-слоте возможна организация канала передачи данных с пропускной способностью 2.4, 4.8 или 7.2 кбит/с.

Достоинства передачи данных с коммутацией каналов:

- возможность выбора скорости передачи в зависимости от требуемого уровня защиты от ошибок;
- потенциально более высокая скорость, чем при пакетной передаче данных.

Недостатки передачи данных с коммутацией каналов:

- каждое соединение занимает 1 тайм-слот;
- канал занят, независимо от того, передаются в данный момент данные или нет;
- приложения, использующие данный режим передачи данных, должны обеспечивать восстановление потерянных/поврежденных сообщений (сетевой уровень модели OSI);
- отсутствует процедура тестирования на совместимость (Interoperability testing);
- ограниченная поддержка со стороны производителей инфраструктуры,

ограниченный выбор абонентского оборудования, как следствие отсутствие процедуры тестирования на совместимость.

Пакетная передача данных (Packet Data Service)

Сервис PDS (TETRA PDO) предусматривает возможность передачи данных в сетях TETRA с использованием протокола IP. При этом каждому абонентскому терминалу в сети присваивается IP адрес, что позволяет организовать обмен данными между ними, а также с внешними узлами через соответствующий шлюз.

Сервис пакетной передачи данных обладает рядом преимуществ по сравнению с режимом коммутации каналов:

- канал занимает только в момент передачи данных;
- более эффективно используется пропускная способность системы в случае неравномерного трафика;
- для организации сетевого уровня соединения и коррекции ошибок используются встроенные механизмы протокола IP;
- существует процедура тестирования на совместимость;
- поддержка со стороны производителей инфраструктуры и абонентского оборудования.

Основным преимуществом сервиса пакетной передачи данных является возможность использования большого количества стандартного программного обеспечения, разработанного для IP сетей (электронная почта, доступ к базам данных и т. п.)

Сервис пакетной передачи данных может использовать либо выделенные, либо совмещенные каналы. В первом случае один или несколько тайм-слотов в базовой станции выделяются исключительно для передачи данных. Данный режим обеспечивает гарантированное выделение ресурсов для осуществления передачи данных.

В случае использования совмещенных каналов выделение их для передачи данных осуществляется аналогично выделению каналов для голосовой связи. В одном тайм-слоте могут поочередно передаваться голос и данные, голосовая связь является приоритетной. Помимо выделенных и совмещенных каналов, сервис пакетной передачи может использовать разделяемые и неразделяемые каналы.

В случае использования неразделяемого канала, один тайм-слот может обслуживать один сеанс связи. При использовании разделяемых каналов тайм-слот используется несколькими абонентами, пропускная способность канала распределяется между абонентами.

5. Заключение

Основное направление данной работы является описание системы цифрового стандарта TETRA. В процессе работы были рассмотрены основные ее технические характеристики: рабочий диапазон частот, в котором работает данная система; выбор используемого способа модуляции, а также подробно рассмотрен радиointерфейс TETRA и его структура. В стандарте TETRA используется относительная (дифференциальная) фазовая манипуляция со сдвигом кратным $\pi/4$ ($\pi/4$ DQPSK - Differential Quadrature Phase Shift Keying).

Описан процесс шифрования и защиты информации. Поточное шифрование имеет определенное преимущество перед другими методами шифрования, которое заключается в отсутствии размножения ошибок в канале с помехами.

Приложения на базе технологии передачи данных могут быть относительно небольших объемов, которые передаются с помощью сервиса коротких сообщений, часто возникает необходимость передачи больших объемов данных. Для этого в стандарте TETRA предусмотрены две возможности: передача данных с коммутацией каналов и пакетная передача данных.

Хорошее качество передаваемой речи обусловлено использованием кодека TETRA. В стандарте TETRA имеется низкоскоростной кодер речи с алгоритмом CELP (Code Excited Linear Prediction), относящихся к классу алгоритмов «анализа и синтеза» речи. Принцип анализа и синтеза состоит в преобразовании параметров речи и в предоставлении их в такой форме, чтобы ошибка на выходе по отношению к входу была минимальной.

Для достижения необходимой чистоты речи при передаче сигнала по радиоканалу со скоростью 7,2 кбит/с используются методы прямой коррекции ошибок (Forward Error Correction, FEC) и циклического избыточного кодирования (Cyclic Redundancy Code, CRC).

Среди множества существующих типов транкинговых сетей наиболее перспективной является цифровая система стандарта TETRA.

Библиография

1 Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. - М.: Эко - Трендз. 2000. - 239с

2 Мухин А.М. , Чайников Л, С. Энциклопедия мобильной связи: Т.1:Системы связи подвижной службы общего пользования - СПб.: Наука и техника,2001. - 236с.