

**Технологии средств связи
с подвижными объектами**

Заочное отделение

В.Ф. Солодовник

Список рекомендуемой литературы

1. Шелухин О.И., Хизгилов В.А., Чивилев С.В. Системы радиодоступа / Под. ред. О.И. Шелухина. - М.: ГАСБУ, 1998, 116 с.
2. Сухопутная подвижная радиосвязь / Пышкин И.М., Дежурный И.И. и др. - М.: Радио и связь, т. 2, 1990, 435 с.
3. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. - М.: Эко-Трендз, 1997, 238 с.
4. "Russian Mobile" / Журнал для пользователей средств связи и ИНТЕРНЕТа. – Санкт-Петербург: Апрель 2001.
5. Карташевский В.Г., Семенов С.Н., Фирстова Т.В. Сети подвижной связи. – М.: Эко-Трендз, 2001. - 300 с.
6. Невдяев Л.М. Мобильная связь 3-го поколения / Под ред. Ю.М. Горностаева. – М.: МЦНТИ, 2000. – 208 с.
7. Ратынский М.В. Основы сотовой связи / Под ред. Д.В. Зимина. – 2-е изд. перераб. и доп.- М.: Радио и связь, 2000. – 248 с.
8. Тамаркин В.М., Сергеев В.И., Невдяев Л.М. Перспективные системы и стандарты транкинговой связи // Сети и системы связи, 1997, №2.
9. Толмачев Ю.А. Глобальная подвижная персональная спутниковая связь // Технологии и средства связи, 1997, №1.
10. Зеленский А.А., Беседин А.Н., Солодовник В.Ф. Профессиональные системы радиосвязи. – Харьков: ОАО «Модель Вселенной», 2002. – 108 с.
11. Системы мобильной связи: Учебное пособие для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов; под ред. В.П. Ипатова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 272 с.
12. Системы радиосвязи / А.А. Зеленский, В.Ф. Солодовник. – Учеб. пособие. Ч. 3. - Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2003. – 89 с.

1. Особенности систем подвижной радиосвязи

1.1. Доплеровское расширение спектра сигналов средств подвижной радиосвязи

Средства радиосвязи применяются в условиях движущегося со скоростью до 250...500 км/ч современного автомобильного и железнодорожного транспорта. При этом доплеровские смещения частоты взаимно перемещающихся приемников и передатчиков средств радиосвязи превышают нестабильность и точность настройки несущих частот радиосигналов. Кроме этого неравномерность скорости движения объектов приводит к непостоянству смещения доплеровского частот и, следовательно, к появлению шума из-за случайной частотной модуляции.

Доплеровское смещение частоты

$$\Delta f_d = v/\lambda = v/(c/f) = v \cdot f/c,$$

где: λ и f – длина волны и частота передатчика; v – скорость перемещения приемника относительно передатчика средств радиосвязи; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость распространения света.

При частоте 2 ГГц и скорости 500 км/ч доплеровское смещение частоты составляет около 1000 Гц. В работе [11] показано, что ширина спектра шума случайной частотной модуляции равна приблизительно удвоенному доплеровскому рассеянию, т.е. 2000 Гц. Таким образом, спектр доплеровского шума попадает в полосу модулирующих звуковых частот и является помехой радиоканалов подвижной связи.

Доплеровские смещения частоты можно рассматривать, как эффект временной декорреляции сигналов. Поэтому доплеровская временная задержка, в пределах которой коэффициент корреляции значений огибающей сигнала не менее 0,9, обратно пропорциональна доплеровскому смещению частоты, т.е. определяется как

$$\Delta t = 1/f_d$$

и для приведенного примера равно 1 мс.

Применяют следующие способы борьбы с проявлениями в СПР доплеровского эффекта:

- синхронизацию несущих всех средств системной радиосвязи, которая в системах с TDMA является основным принципом обеспечения правильного функционирования систем;

- расширение полосы канала относительно полос узкополосных аналоговых систем, что лежит в основе функционирования систем с TDMA и CDMA.

Таким образом, в изученных нами современных системах СБД, МСБТ и СПД с TDMA и CDMA меры борьбы с проявлениями доплеровского эффекта за счет движения объектов с большими скоростями автоматически обеспечиваются. В сотовых и транкинговых системах, изучаемых в этой части курса, они должны обеспечиваться обязательно, так как эти системы предназначены для обслуживания подвижных абонентов.

1.2. Многолучевое распространение радиоволн

Используемые в сотовой связи с подвижными объектами (ПО) дециметровые радиоволны слабо огибают препятствия, распространяются в основном по прямой и испытывают многочисленные отражения от окружающих объектов и подстилающей поверхности (рис. 1.1). Следствиями такого многолучевого распространения является более быстрое, чем в свободном пространстве, убывание интенсивности принимаемого сигнала с расстоянием и интерференция радиоволн.

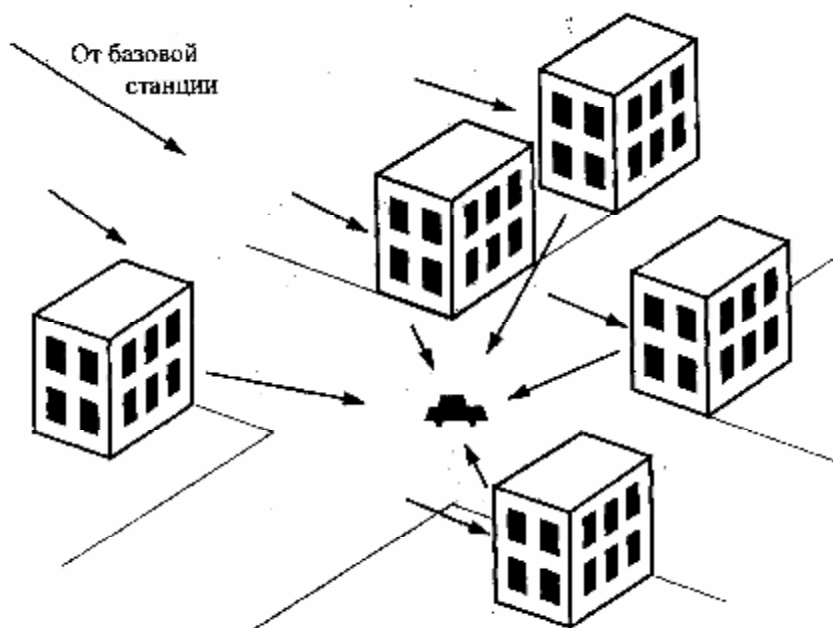


Рис. 1.1

При сложении нескольких сигналов, прошедших по разным путям и имеющих в точке приема в общем случае различные фазы, результирующий сигнал может быть как несколько выше среднего уровня, так и заметно ниже. Причем провалы, или замирания сигнала, образующиеся при взаимной компенсации сигналов вследствие неблагоприятного сочетания их фаз и амплитуд, могут быть достаточно глубокими.

При этом возникают также искажения результирующего сигнала типа межсимвольной интерференции в том случае, когда сигналы с соизмеримыми амплитудами настолько отличаются по разности хода, что символы одного сигнала «налезают» на соседние символы другого.

Колебания уровня (замирания) принимаемого сигнала практически всегда имеют две составляющие – быструю и медленную.

Быстрые замирания, являющиеся прямым следствием многолучевого распространения, описываются релеевским законом распределения, и потому их называют релеевскими замираниями и моделируют законом Релея-Райса [11]

$$W(r) = \left(\frac{r}{s^2} \right) \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2s^2} \right) \cdot \exp(-Q_0) \cdot I_0\left(\frac{r}{s} \cdot \sqrt{2Q_0} \right), r \geq 0$$

где Q_0 – отношение мощности прямого (нефлюктуирующего) сигнала к средней мощности флюктуаций, s^2 – средняя мощность или дисперсия флюктуаций сигнала, $I_0()$ – модифицированная функция первого рода нулевого порядка. Если прямой сигнал отсутствует, а принимаются только отраженные сигналы, то $Q_0 = 0$ и плотность распределения вероятностей описывается законом Релея [11]

$$W(r) = \left(\frac{r}{s^2} \right) \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{2s^2} \right), r \geq 0$$

Диапазон изменений уровня сигнала при быстрых замираниях может достигать 40 дБ, из которых примерно 10 дБ – превышение над средним уровнем и 30 дБ – провалы ниже среднего уровня, причем более глубокие провалы встречаются реже, чем менее глубокие. При неподвижном абонентском аппарате интенсивность принимаемого сигнала, естественно, не меняется. При перемещении подвижной станции периодичность флюктуации в пространстве составляет около полуволны, т.е. порядка 10...15 см в линейной мере. Период флюктуации во времени зависит от скорости перемещения подвижной станции: например, при скорости 50 км/ч период флюктуации составляет около 10 мс, а при 100 км/ч – около 5 мс.

Медленные замирания обусловлены изменением условий затенения при перемещении подвижной станции и подчиняются логарифмически нормальному закону распределения [11]

$$W(r) = \frac{1}{\sqrt{2p} \cdot s \cdot r} \cdot \exp\left[-\frac{(\ln r - a)^2}{2s^2} \right], r > 0$$

где r – амплитуда сигнала, a и s^2 – параметры, характеризующие средний уровень амплитуды и глубину замираний, соответственно.

Интенсивность медленных флюктуации не превышает 5...10 дБ, а их периодичность соответствует перемещению подвижной станции на десятки метров. Фактически медленные замирания представляют собой изменение среднего уровня сигнала при перемещении

подвижной станции, на которые накладываются быстрые замирания вследствие многолучевого распространения.

Основную неприятность при связи с подвижными объектами составляют быстрые замирания, поскольку они бывают достаточно глубокими, и при этом отношение сигнал/шум падает настолько сильно, что полезная информация может существенно искажаться шумами, вплоть до полной ее потери. Кроме этого методы борьбы с быстрыми замираниями радиоволн при связи с ПО эффективно устраняют и проявления медленных замираний.

1.3. Способы борьбы с быстрыми замираниями радиосигналов

Для борьбы с быстрыми замираниями радиоволн при связи с ПО используются следующие основные методы:

- разнесенный прием;
- скачки по частоте;
- эквалайзинг.

Метод разнесенного приема (английский термин diversity - разнесение) заключается в совместном использовании нескольких сигналов, различающихся (разнесенных) по какому-либо параметру. Причем разнесение должно выбираться таким образом, чтобы вероятность одновременных замираний всех используемых сигналов была много меньше, чем какого-либо одного из них. Иными словами, эффективность разнесенного приема тем выше, чем менее коррелированы замирания в составляющих сигналах.

Возможны пять вариантов разнесенного приема [11]:

- с разнесением во времени (time diversity), при этом используются сигналы, сдвинутые во времени один относительно другого; этот метод сравнительно легко реализуем лишь в цифровой форме, и улучшение качества приема осуществляется в ущерб пропускной способности канала связи;

- с разнесением по частоте (frequency diversity), при этом используются сигналы, передаваемые на нескольких частотах, поэтому “платой” является расширение используемой полосы частот;

- с разнесением по углу или по направлению (angle diversity или direction diversity), при этом прием производится на несколько антенн с рассогласованными (не полностью перекрывающимися) диаграммами направленности, в этом случае сигналы с выходов разных антенн коррелированы тем слабее, чем меньше перекрытие диаграмм направленности, но при этом одновременно падает и эффективность приема (интенсивность принимаемого сигнала), по крайней мере для всех антенн, кроме одной;

- с разнесением по поляризации (polarization diversity), когда, например, две антенны принимают сигналы двух взаимно ортогональных поляризаций (практического значения этот вариант не имеет, поскольку в диапазоне СВЧ замирания на разных поляризациях сильно коррелированы);

- с разносом в пространстве (space diversity), т.е. с приемом сигналов на несколько пространственно разнесенных антенн, этот

метод находит практическое применение и именно он обычно имеется в виду, когда говорят о разнесенном приеме.

Для метода пространственного разнесения очевидно, что выигрыш тем больше, чем больше число используемых антенн, однако при этом возрастает и сложность технического решения. Поэтому практическое применение находит простейшая система с двумя приемными антеннами базовых станций. В подвижных станциях разнесенный прием не применяют. С ростом расстояния между антеннами корреляция между флуктуациями уровня принимаемых ими сигналов падает, и чем больше разнос антенн, тем выше эффективность разнесенного приема. Но при этом возрастает и сложность технической реализации, поэтому практически разнос берется минимально возможным, при котором разнесенный прием уже достаточно эффективен. Реально с учетом, как аналитических оценок, так и эмпирических данных разнос обычно составляет около десятка длин волн, т.е. порядка нескольких метров.

Объединение сигналов с выходов двух антенн возможно:

- использованием одного более сильного из двух сигналов;
- додетекторное когерентное суммирование обоих сигналов;
- последетекторное суммирование сигналов с равными весами или со взвешиванием, обеспечивающим получение максимума отношения сигнал/шум.

Метод скачков по частоте состоит в том, что несущая частота для каждого физического канала периодически изменяется. Поскольку релеевские замирания являются частотно-селективными, то, если при работе на некоторой частоте имело место замирание, при изменении рабочей частоты до 300 кГц замирания с большой вероятностью не будет. Следовательно, при достаточно частых изменениях частоты существенно снижается вероятность длительных замираний и групповых ошибок, а с одиночными ошибками можно успешно бороться при помощи помехоустойчивого канального кодирования.

Различают медленные и быстрые скачки по частоте. При медленных скачках период изменения частоты много больше длительности символа передаваемого сообщения, а при быстрых скачках – много меньше длительности символа.

Изменение частоты в пределах доступного диапазона может быть как регулярным (циклическим), так и нерегулярным (псевдослучайным). Режим работы со скачками по частоте не является обязательным и назначается по команде с центра коммутации радиосистемы.

В узкополосных TDMA-системах для компенсации межсимвольных искажений используется метод эквалайзинга. Термин *эквалайзинг* заимствован из английского языка (*equalizing* – буквально *выравнивание*) и имеет в данном случае смысл компенсации той разности хода между составляющими лучами при многолучевом распространении, которая приводит к межсимвольной интерференции. Эквалайзер по своей сути – это адаптивный фильтр, настраиваемый таким образом, чтобы сигнал на его выходе был в возможно большей степени очищен от межсимвольных искажений, содержащихся во входном сигнале.

Простейшая реализация эквалайзера (рис.1.2) – трансверсальный фильтр. Покажем на простом примере, что такая схема может в некоторых ситуациях, существенно ослабить межсимвольные искажения. Предположим, что входной сигнал эквалайзера состоит из основного сигнала – некоторой последовательности однобитовых символов (единиц и нулей, первый график на рис. 1.3) и его копии, ослабленной в три раза и сдвинутой во времени на длительность τ одного символа (второй график на рис. 1.3).

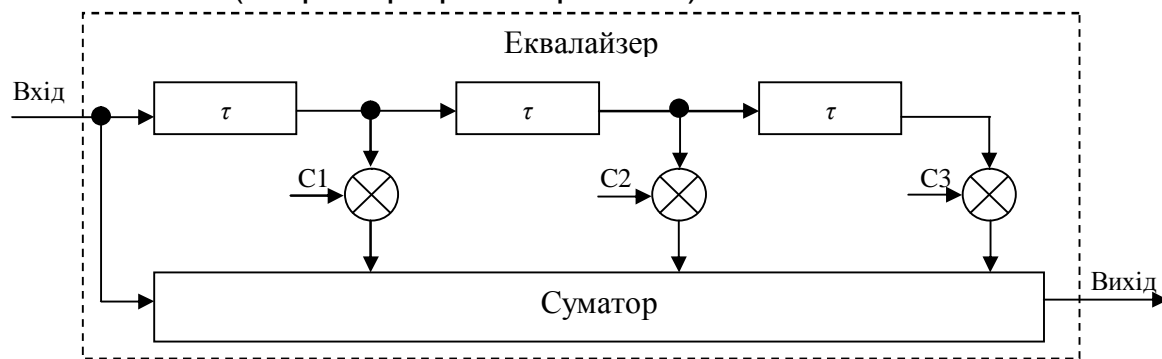


Рис. 1.2

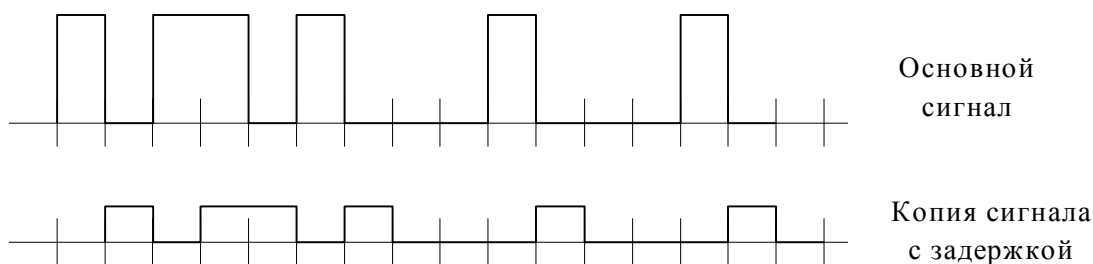


Рис. 1.3

Если дискрет линии задержки фильтра равен τ , а значение коэффициента в первом отводе $C_1 = -1/3$, то при сложении входного сигнала и сигнала с первого отвода получим, что основной сигнал (первая составляющая входного сигнала) остается без изменений, а вторая составляющая входного сигнала компенсируется первой составляющей, задержанной на τ (сигнала с первого отвода линии

задержки), вторая составляющая задержанного сигнала дает копию основного, но ослабленную уже в девять раз, задержанную на 2τ и с обратным знаком. Если во втором отводе линии задержки коэффициент $C_2 = 1/9$, то при сложении входного и двух задержанных сигналов получим неизменный основной сигнал и его копию, задержанную на 3τ и ослабленную в 27 раз. Таким образом, в рассматриваемом примере добавление каждого следующего элемента линии задержки с соответствующим значением коэффициента C , приводит к ослаблению искажающего сигнала втрое и к дополнительной задержке его во времени на τ .

В реальной ситуации число лучей может быть больше двух и амплитуды составляющих сигналов, так же как и их число и задержки, не будут заранее известны. Кроме того, при перемещении абонентского аппарата вся эта картина непрерывно изменяется. Поэтому настройка фильтра должна проводится адаптивно в соответствии с конкретно складывающейся ситуацией с использованием обучающих последовательностей C и τ , изменяемых по критерию минимальных межсимвольных искажений.

Эквалайзер на основе трансверсального фильтра является линейным и не устраняет большие искажения сигналов. При этом используют более совершенные нелинейные эквалайзеры.

2. Общие сведения о ССПР

2.1. Хронология развития ССПР

Начиная с 40-х годов ученые и инженеры разных стран пытались решить проблему ограниченности частотного ресурса, обусловленную ростом количества абонентов радиосистем. В середине 40-х годов исследовательский центр Bell Laboratories американской компании AT&T предложил идею разбиения всей обслуживаемой территории на небольшие участки, которые стали называться сотами (от англ. Cell – ячейка, клеточка, сота). Каждая сота должна была обслуживаться передатчиком с ограниченным радиусом действия и фиксированной частотой. Это позволило бы без всяких взаимных помех использовать ту же самую частоту повторно в другой ячейке (cote). Так появились сотовые системы подвижной радиосвязи (ССПР).

Хронология развития ССПР показана на рис. 2.1.

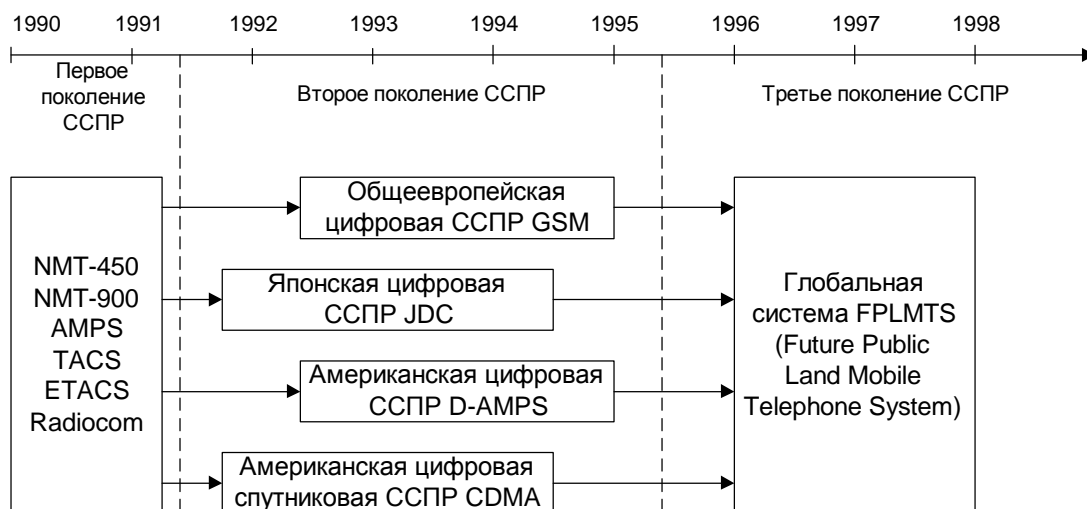


Рис. 2.1

Еще в конце 70-х годов начались работы по созданию единого стандарта сотовой связи первого поколения (1G) для пяти североевропейских стран – Швеции, Финляндии, Исландии, Дании и Норвегии, который получил название NMT-450 (Nordic Mobile Telephone) и был предназначен для работы в диапазоне 450 МГц.

Впервые система сотовой связи стандарта NMT-450 вступила в эксплуатацию в Саудовской Аравии в 1981 г. На базе этого стандарта в 1985 г. был разработан стандарт NMT-900 диапазона 900 МГц, который позволил расширить функциональные возможности ССПР и значительно увеличить их абонентскую емкость. С 1986 г. в скандинавских странах начали применять стандарт NMT-900.

В 1983 г. в США в районе Чикаго после ряда успешных полевых испытаний в исследовательском центре Bell Laboratories вступила в эксплуатацию радиосеть стандарта AMPS (Advanced Mobile Phone Service).

В 1985 г. в Великобритании был принят в качестве национального стандарт TACS (Total Access Communications System), разработанный на основе американского стандарта AMPS. В 1987 г. в связи с резким увеличением в Лондоне числа абонентов сотовой связи была расширена рабочая полоса частот. Новая версия этого стандарта сотовой связи получила название ETACS (Enhanced TACS).

Во Франции в 1985 г. был принят стандарт Radiocom-2000.

В 1992 г. в Санкт-Петербурге, а затем и в Москве появились российские проработки ССПР стандарта NMT-4501 (усовершенствованного стандарта NMT-450).

Все вышеперечисленные стандарты являются аналоговыми и относятся к первому поколению систем сотовой связи. В них используется аналоговый способ передачи информации с помощью частотной или фазовой модуляции. Этот способ имеет ряд существенных недостатков: возможность прослушивания разговоров другими абонентами, отсутствие эффективных методов борьбы с замираниями сигналов под влиянием окружающего ландшафта и зданий вследствие передвижения абонентов.

Использование новейших технологий и научных открытий в области связи и обработки сигналов позволило подойти к концу 80-х годов к новому этапу развития систем сотовой связи – созданию систем второго поколения (2G), основанных на цифровых методах обработки сигналов.

В целях разработки единого европейского стандарта цифровой сотовой связи для выделенного диапазона 900 МГц в 1982 г. Европейская конференция администраций почт и электросвязи (CEPT), объединяющая 26 стран, создала специальную группу Groupe Special Mobile (GSM) и дала название новому стандарту. Позднее в связи с широким распространением этого стандарта во всем мире GSM стали расшифровывать также, как Global System for Mobile Communications. Результатом работы этой группы стали опубликованные в 1990 г. требования к системе сотовой связи стандарта GSM. В 1992 г. в Германии вступила в эксплуатацию первая система сотовой связи этого стандарта.

Америка провозгласившая свою концепцию D-AMPS ССПР поколения 2G. В отличие от Европы, в США не были выделены новые

частотные диапазоны, поэтому система должна была работать в полосе частот, общей с аналоговой ССПР AMPS.

Одновременно американская компания Qualcomm начала активную разработку нового стандарта сотовой связи, основанного на технологии шумоподобных сигналов и кодовом разделении каналов CDMA. В 1993 г. в США после ряда успешных испытаний Промышленная ассоциация в области связи TIA приняла стандарт CDMA-one как внутренний стандарт IS-95 цифровой сотовой связи. В 1995 г. в Гонконге была открыта первая радиосеть этого стандарта.

В Японии в 1991 г. Министерством почт и связи Японии был утвержден собственный стандарт сотовой связи JDC (Japanese Digital Cellular), близкий к американскому стандарту D-AMPS.

По сравнению с аналоговыми системами первого поколения цифровые ССПР второго поколения обеспечивают повышенное качество связи, а также взаимодействие с цифровыми коммутационными сетями и целый ряд дополнительных услуг. В них используются временное разделение каналов, шифрование сообщений и новый вид модуляции – GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).

Дальнейшее развитие сотовой подвижной связи (см. рис. 2.1) осуществляется в рамках создания проектов систем третьего поколения (3G).

В Европе концепция ССПР третьего поколения получила название UMTS (Universal Mobile Telecommunication System), в США – CDMA-2000. Они предусматривают объединение функциональных возможностей существующих цифровых систем связи ССПР, МСБД и СБАД в единую систему третьего поколения FPLMTS (Future Public Land Mobile Telephone System). Кроме этого, отличительной особенностью систем третьего поколения является межсетевой роуминг с спутниковыми системами радиосвязи “Иридиум”, “Globalstar”, “Inmarsat-P” и др., т.е. они фактически входят в состав этих систем радиосвязи и будут иметь архитектуру единой сети для связи абонентов, находящихся в различных условиях, включая движущийся транспорт, жилые помещения, офисы и т.д.

В настоящее время функционируют ССПР всех трех поколений.

2.2. Территориальная организация ССПР

Для ССПР, в которых зона обслуживания делится на ячейки (соты), характерно то, что в них обеспечивается сотовый принцип распределения частот по территории обслуживания или территориально-частотная организация.

Разделить обслуживаемую территорию на ячейки (соты) можно двумя способами:

- на участки одинаковой формы и размера исходя из среднестатистических характеристик распространения радиоволн в регионе действия ССПР;

- на зоны радиовидимости, полученные при измерении или расчете энергетики распространения радиоволн для всех конкретных сот региона действия ССПР.

При реализации *первого способа* вся обслуживаемая территория разделяется на одинаковые по форме зоны, и с помощью закона статистической радиофизики определяются их допустимые размеры и расстояния до других зон, в пределах которых выполняются условия допустимого взаимного влияния. Для оптимального разделения территории на соты, т.е. без перекрытия или пропусков участков, могут быть использованы только три геометрические фигуры: треугольник, квадрат и шестиугольник. Наиболее подходящей фигурой является шестиугольник, так как при установке в его центре антенны с круговой диаграммой направленности будет обеспечен радиодоступ почти ко всем участкам соты.

При использовании рассмотренного способа интервал между зонами, в которых используются одинаковые рабочие каналы, обычно получается меньше требуемого для поддержания взаимных помех на допустимом уровне и количество сот и базовых станций увеличивается.

При *втором способе* разделения на зоны тщательно измеряют или рассчитывают зоны радиовидимости, в которых обеспечивается удовлетворительное обслуживание абонентов, определяют оптимальное место расположения базовой станции с учетом рельефа местности, для выравнивания зон рассматривают возможность использования направленных антенн, пассивных ретрансляторов и т.д. Все это позволяет использовать минимальное число сот и, следовательно, базовых станций. Второй способ более точный и экономически выгодный, но и более трудоемкий.

2.3. Частотная организация ССПР

Частотный план ССПР при трех наборах F_1 , F_2 , F_3 частот базовых станций показан на рис. 2.2.

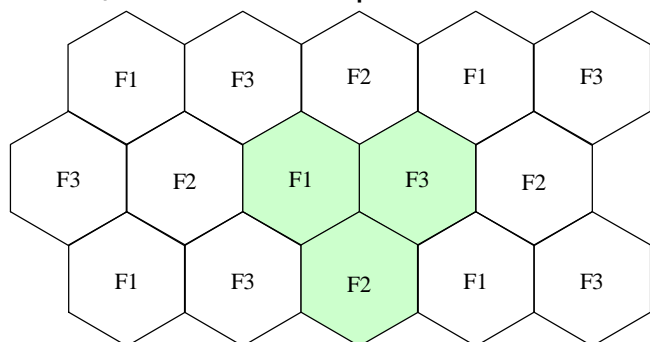


Рис. 2.2

Группа сот с различными наборами частот называется кластером. На рис. 2.2, например, размерность кластера C равна трем. В существующих ССПР размерность кластера – от трех до пятнадцати.

Смежные базовые станции образуют кластерную группу станций. Если каждой базовой станции выделяется T каналов с шириной полосы каждого F , то общая ширина полосы, занимаемая кластерной группой станций и ССПР в целом, составит $F_c = F T C$.

Если $T = 1$, т.е. в соте находится один среднестатистический абонент, то $F_c = F_{cmin} = F C$. Поэтому величина C определяет минимально возможное число каналов в системе, и ее называют частотным параметром или коэффициентом повторения частот.

Уменьшение радиуса (размеров) ячейки увеличивает число сот, уменьшает количество абонентов в соте, следовательно, позволяет повысить эффективность использования выделенной полосы частот, увеличить абонентскую емкость системы, уменьшить мощность передатчиков, чувствительность приемников базовых и подвижных станций, улучшить условия электромагнитной совместимости средств сотовой связи с другими радиоэлектронными средствами и системами и повысить безопасность работы абонентов с радиосредствами ССПР.

Радиус ячейки R следует уменьшать до оптимальной величины R_{min} , при которой в сайте находится один среднестатистический абонент. Поскольку наименьший кластер $C = 3$, то минимально возможная полоса ССПР $F_{cmin} = 3F$. Таким образом, полоса частот ССПР с сотнями сот и тысячами абонентов может теоретически иметь полосу частот всего в три раза превышающую полосу частот системы децентрализованной связи с тремя абонентами. Однако в реальных случаях такой выигрыш не получается, так как из-за миграции абонентов количество каналов в соте выбирают не по среднестатистическому числу абонентов, а по максимальному в час наибольшей нагрузки (ЧНН).

2.4. Способы борьбы с системными помехами ССПР

Системные помехи абонентской станции – это помехи от других абонентских и базовых станций рядом расположенных сот ССПР.

Первый способ борьбы с системными помехами заложен территориально-частотной организацией ССПР, поскольку базовые станции с одинаковыми наборами частот находятся не в соседних сотах, т.е. разнесены территориально.

Вторым способом снижения уровня системных помех может быть использование направленных секторных антенн с узкими диаграммами направленности. В секторе такой направленной антенны сигнал излучается преимущественно в одну сторону, а уровень излучения в противоположном направлении сокращается до минимума. Деление сот на секторы позволяет чаще применять частоты в сотах повторно.

Широко используемый способ повторного использования частот в организованных таким образом сотах основан на применении трехсекторных антенн для каждой базовой станции и трех соседних базовых станций с формированием ими девяти групп частот (рис. 2.3). В этом случае используются антенны с шириной диаграммы направленности 120° , размерность кластера $C = 3$, количество наборов частот $N = 3$, количество частот одной соты $T = N \cdot T_{сект} = 3T_{сект}$, и при минимальном количестве $T_{сект} = 1$ каналов набора ширина полосы ССПР $F_c = F_{cmin} = 3 \cdot 3 \cdot F$, т.е. в три раза шире, чем при использовании антенн с круговой диаграммой направленности.

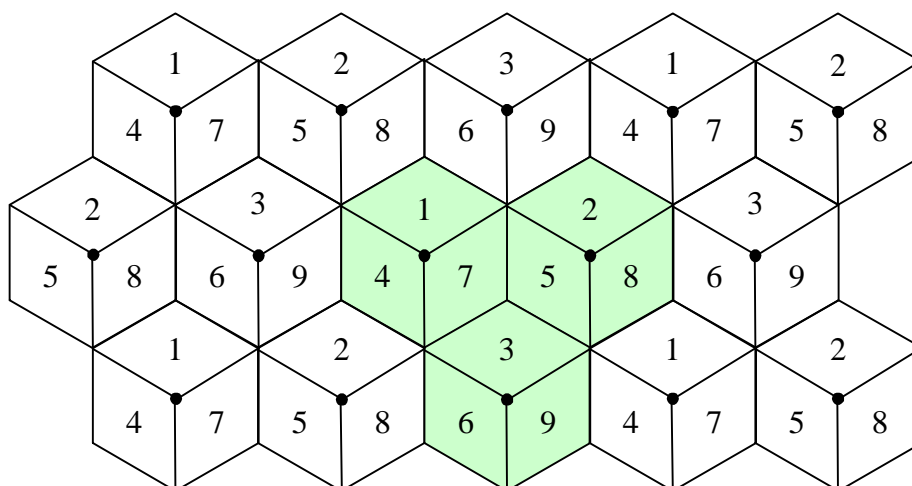


Рис. 2.3

Высокую эффективность использования полосы частот и наибольшее число абонентов сети, работающих в этой полосе,

обеспечивает способ повторения частот фирмы Motorola (рис. 2.4). В этом случае используются антенны с шириной диаграммы направленности 60° , размерность кластера $C = 4$, количество наборов частот $N = 6$, количество частот одного сайта $T = N \cdot T_{сект} = 6T_{сект}$, и при минимальном количестве $T_{сект} = 1$ каналов набора ширина полосы ССПР $F_c = F_{cmin} = 4 \cdot 6 \cdot F$, т.е. в восемь раз шире, чем при односекторных антеннах.

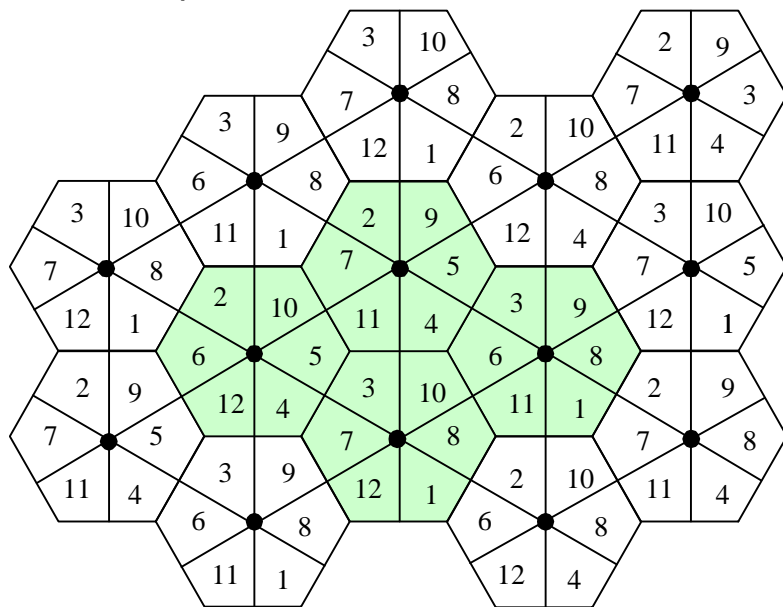


Рис. 2.4.

Оба примера (см. рис. 2.3, 2.4) использования многосекторных антенн показывают, что обеспечиваемое при этом снижение уровня системных помех достигается за счет расширения полосы рабочих частот ССПР.

Третий способ [2] снижения системных помех направлен на исключение попадания в

полосу абонентской станции комбинационных (интерференционных) колебаний третьего порядка частот $f_{комб} = 2f_i - f_j$, формируемых на нелинейностях входных каскадов абонентской станции при приеме нескольких колебаний частот f_i, f_j от других абонентских или базовых станций ССПР.

Полное число m радиоканалов, в которое входит группа из n каналов, комбинационные частоты любых пар которых не попадают на частоты этих n каналов, выражается [2]

$$m = (n - 1) \Im(n^2 - 2n + a)/4,$$

где $a = 4$ при четном n и $a = 3$ при нечетном n .

Так, например, при $n = 5$ рабочих каналах нужно иметь $m = 18$ частотных каналов и, следовательно, общую полосу частот в $\beta = m/n = 3,6$ раза превышающую полосу рабочих частот. Чем меньше величина β , тем более эффективно использование частотного диапазона.

2.5. Основные процедуры ССПР

В ССПР основными процедурами являются эстафетная передача канала, роуминг, автоматическое установление входящего, исходящего вызовов и др. Несмотря на разнообразие стандартов сотовой связи, алгоритмы их функционирования, независимо от имеющихся особенностей, в основном сходны.

Процедура (рис. 2.5), называемая передачей управления вызовом или эстафетной передачей канала (в иностранной технической литературе – handover, или handoff) осуществляется, если по мере удаления абонента от базовой станции или в связи с ухудшением условий распространения радиоволн уровень сигнала уменьшается, что ведет к ухудшению качества связи. Улучшение качества связи достигается путем автоматического переключения абонента на другой канал связи.

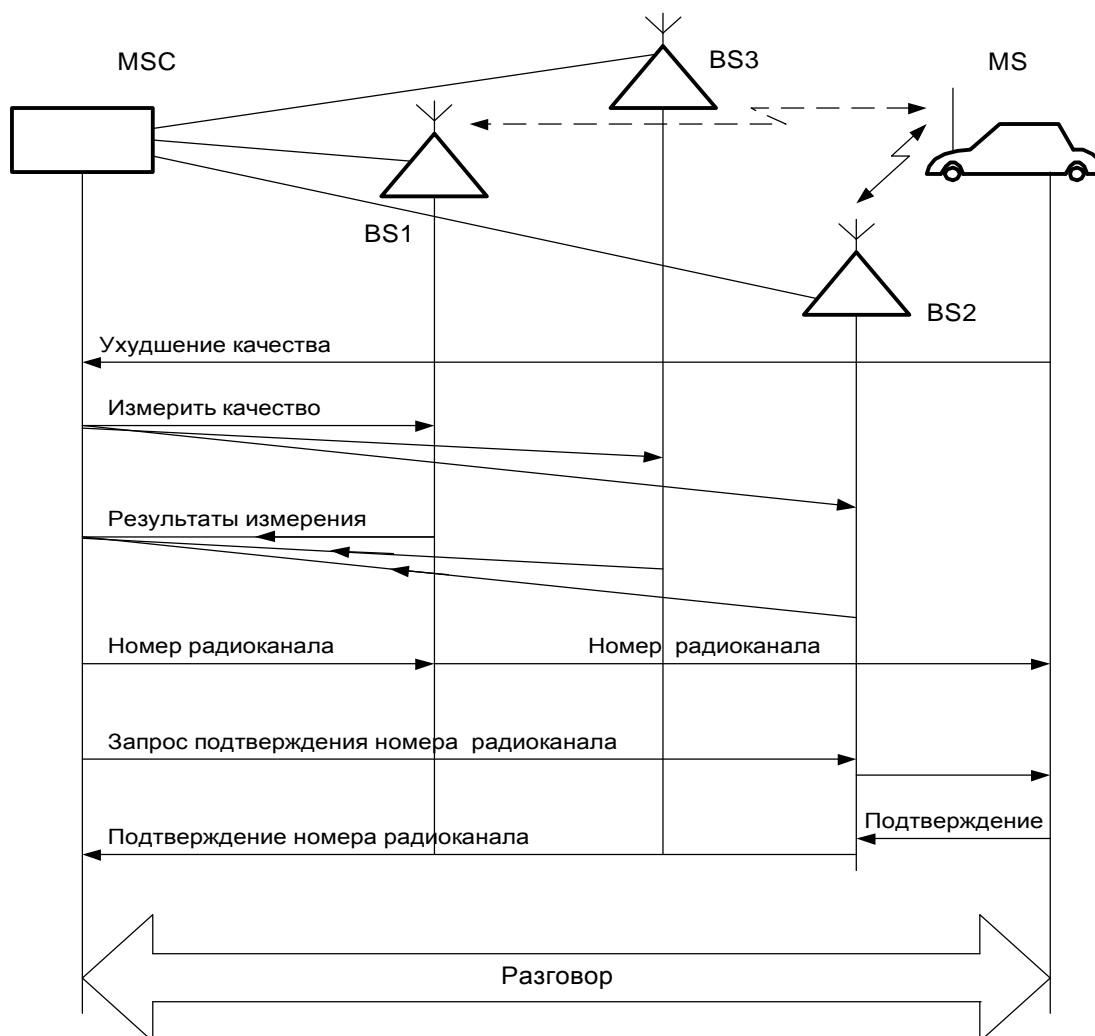


Рис. 2.5

На рис. 2.5 MSC – центр коммутации и управления ССПР, BS – базовые станции, MS – абонентские станции. Для контроля качества связи базовая станция снабжена специальным приемником, периодически измеряющим уровень сигнала сотового телефона разговаривающего абонента и сравнивающим его с допустимым пределом. Если уровень сигнала меньше этого предела, то информация об этом автоматически передается в центр коммутации по служебному каналу связи. Центр коммутации выдает команду об измерении уровня сигнала сотового радиотелефона абонента на ближайшие к нему базовые станции. После получения информации от базовых станций об уровне этого сигнала центр коммутации переключает радиотелефон на ту из них, где уровень сигнала оказался наибольшим.

Иногда возникает ситуация, когда поток заявок на обслуживание, поступающий от абонентов сотовой сети, превышает количество каналов, имеющихся на всех близко расположенных базовых станциях. Это происходит тогда, когда все каналы станций заняты обслуживанием абонентов и нет ни одного свободного, и поступает очередная заявка на обслуживание от подвижного абонента. В этом случае как временная мера (до освобождения одного из каналов) используется принцип эстафетной передачи внутри соты или “жонглирование” абонентами. При этом происходит поочередное переключение каналов в пределах одной и той же базовой станции для обеспечения связью всех абонентов.

Одна из важных услуг сети сотовой связи – предоставление возможности использования одного и того же радиотелефона при поездке в другой город, область или даже страну, причем сотовая сеть позволяет не только самому абоненту звонить из другого города или страны, но и получать звонки от тех, кто не успел застать его дома. В сотовой радиосвязи такая возможность называется роуминг (от англ. roam – скитаться, блуждать).

Различают три вида роуминга:

- автоматический (именно с этой формой за рубежом обычно и связывают понятие роуминга), т.е. предоставление абоненту возможности выйти на связь в любое время в любом месте;
- полуавтоматический, когда абоненту для пользования данной услугой в каком-либо регионе необходимо предварительно поставить об этом в известность своего оператора;
- ручной, по сути, простой обмен одного радиотелефона на другой, подключенный к сотовой системе другого оператора.

Для обеспечения автоматического и полуавтоматического роуминга необходимо выполнение трех условий:

- наличие в требуемых регионах сотовых систем стандарта, совместимого со стандартом компании, у которой был приобретен радиотелефон;

- наличие соответствующих организационных и экономических соглашений о роуминговом обслуживании абонентов для взаиморасчетов между операторами сетей;

- наличие каналов связи между системами, обеспечивающих передачу звуковой и другой информации для роуминговых абонентов.

При перемещении абонента в другую сеть ее центр коммутации запрашивает информацию в первоначальной сети и при наличии подтверждения полномочий абонента регистрирует его. Данные о местоположении абонента постоянно обновляются в центре коммутации первоначальной сети, и все поступающие туда вызовы автоматически переадресовываются в ту сеть, где в данный момент находится абонент.

Процедура установления входящего вызова проиллюстрирована на рис. 2.6.

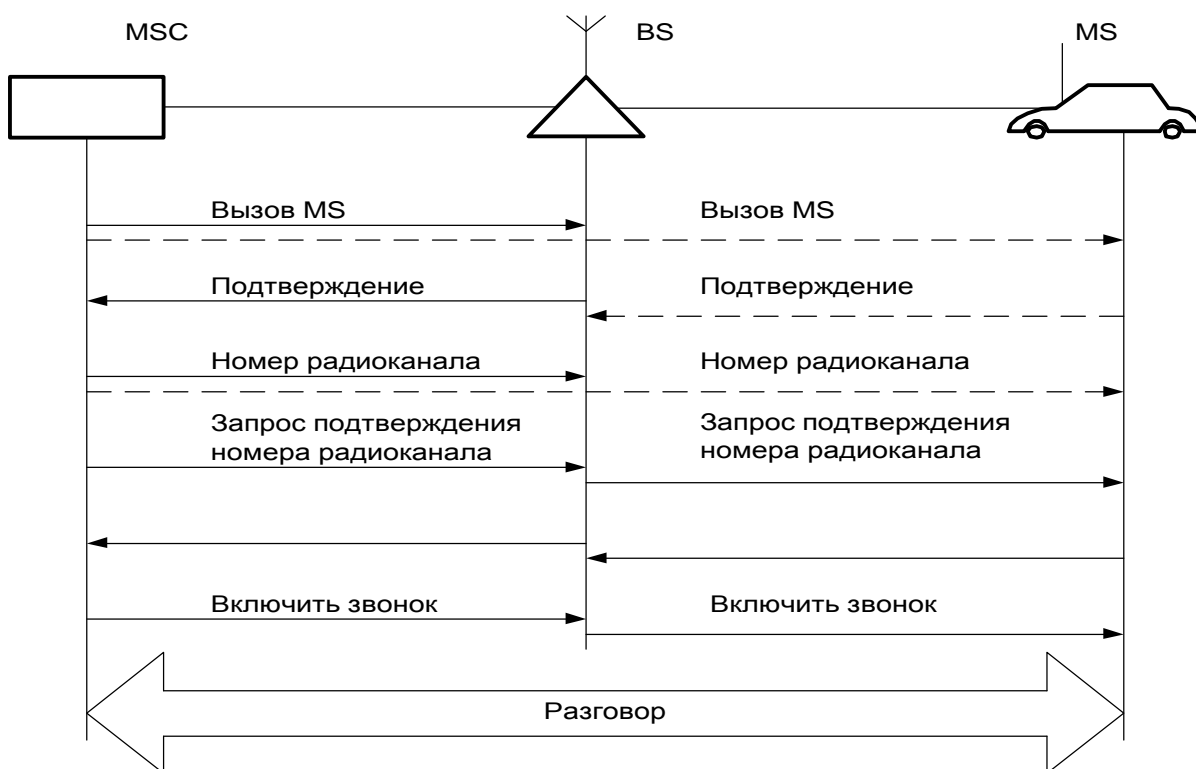


Рис. 2.6

2.6. Функциональные возможности ССПР

Первоначально ССПР разрабатывались для обеспечения подвижных и стационарных абонентов речевой связью. При этом основные усилия разработчиков были направлены на:

- увеличение числа пользователей при ограниченном частотном диапазоне;
- расширение покрытия территории радиосвязью;
- повышение качества связи и скорости передачи данных;
- миниатюризацию и дизайн абонентских станций.

Однако со временем, когда основная часть вопросов была решена, радиоканалы ССПР стали использоваться для передачи неречевой информации и обеспечения дополнительных несвязных услуг. Ниже приведены некоторые примеры нестандартного использования ССПР, описанные в работе [4].

Фотографии по телефону

Две фирмы Siemens и Kodak внедрили новую услугу “фотокамера-телефон”. Через специальную службу Photonet Online, созданную Kodak, владельцы мобильных телефонов получают доступ услуг мобильной фотографии. Пользователи смогут быстро пересылать свои фотоснимки друзьям, обмениваться фотографиями из интеллектуальных альбомов.

Штрих-коды по телефону

Сотрудники японской сотовой компании KDDI задумали оставить без работы театральные кассиров. Они решили доставлять билеты в виде штрих-кода прямо на мобильные станции и обещают приступить к полномасштабной реализации такой услуги. Контроллер зрелищного учреждения сможет считать его специальным сканером, который в экстренном порядке принялась выпускать Hitachi.

Почерк по телефону

CDMA телефон SCH-i201 (Samsung) распознает английский текст, написанный от руки на дисплее аппарата. При желании можно нарисовать какую-нибудь небольшую схему (как пройти в библиотеку и т.д.), которую несложно отправить по протоколу SMS или электронной почтой в качестве прикрепленного файла. В трубке кроме традиционных реализована также функция голосового управления.

Сотовая автонавигация

Британский сотовый оператор Vodafone переключился на автомобили. Недавно эта компания изъявила желание оснащать новые форды системами связи и навигации. Они позволят водителям в оперативном режиме получать информацию о состоянии дорог, пробках, а в случае необходимости связываться со службами экстренной помощи.

Дистанционная медицина

Фирма Siemens выпустила сотовые телефонные трубки, у которых на задней стенке размещены четыре электрода. Приложив эти электроды к груди, и нажав кнопку, пользователь передает тщательно записанную кардиограмму в стационарный консультативный пункт. По этой же трубке он связывается с специалистами-кардиологами и получает медицинское заключение о состоянии своего здоровья.

Музыкально-навигационный телефон

Выпуск модели Videophone от Sanyo ознаменовал новый этап в развитии сотовых телефонов. В корпусе компактного мобильного телефона объединены видеокамера, MP3-плеер и GPS-приемник. В аппарате удачно сочетаются универсальность и качество.

Передача телеметрических данных УКРТРАНСГАЗ.

Фирма УКРГАЗТЕХ устанавливает на газораспределительных станциях (ГРС) и в Управлении Магистральных Газопроводов (УМГ) сотовые терминалы, посредством которых передаются телеметрические данные о давлении, температуре и других параметрах газа в газопроводах с ГРС в УМГ.

Приведенные примеры применений ССПР показывают, что функциональные возможности таких “транспортных” средств для передачи информации без проводов далеко не полностью востребованы на данное время. В связи с тем, что аппаратура ССПР, как средств радиосвязи, имеет достаточно высокий уровень развития, основные перспективы совершенствования ССПР связаны именно с расширением сферы услуг и выполняемых функций этих радиосистем.

3. ССПР стандарта NMT

Структура ССПР NMT показана на рис. 3.1.

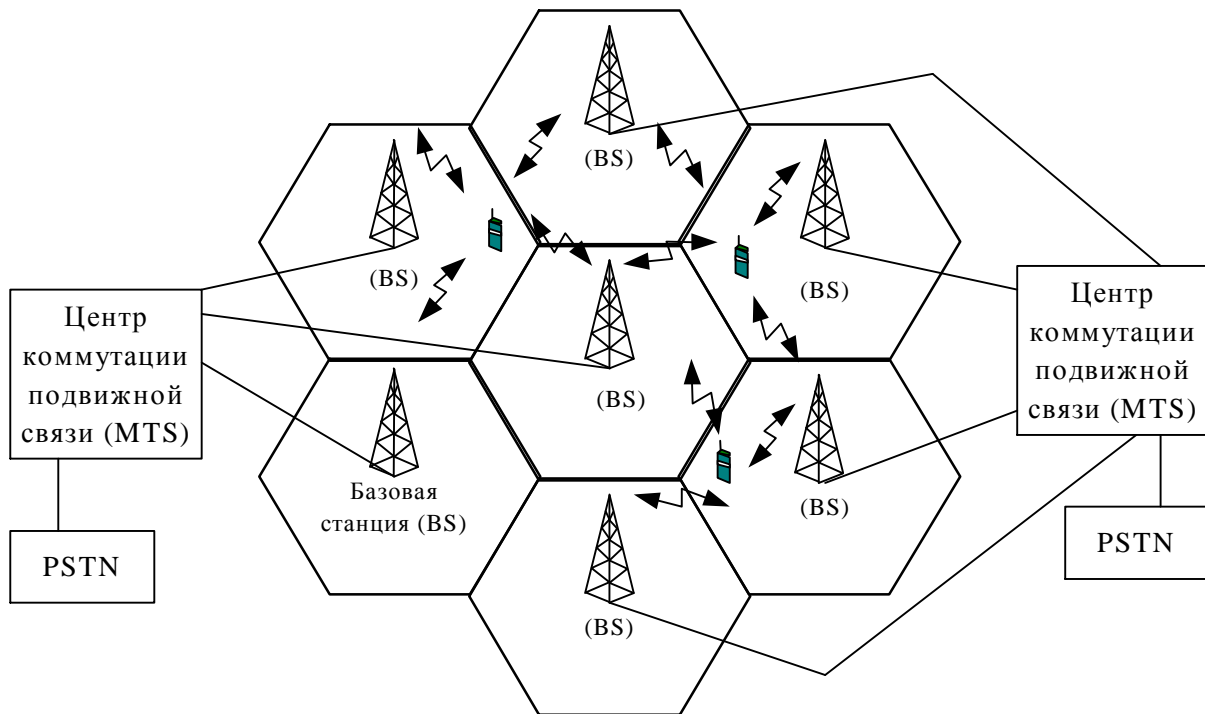


Рис. 3.1

Каждая из сот обслуживается многоканальным приемопередатчиком базовой станции. Она служит интерфейсом между сотовым телефоном и центром коммутации подвижной связи (MSC), где роль проводов обычной телефонной сети выполняют радиоканалы. Все базовые станции соединены с центром коммутации подвижной связи по выделенным проводным или радиорелейным каналам связи.

Центр коммутации подвижной связи – это автоматическая телефонная станция системы сотовой связи, обеспечивающая все функции *управления* сетью. Она осуществляет постоянное *слежение* за подвижными станциями, организует их *эстафетную передачу*, в процессе которой достигается непрерывность связи при перемещении подвижной станции из соты в соту, и *переключение* рабочих каналов в соте при появлении помех или неисправностей, а также производит *соединение* подвижного абонента с абонентом телефонной сети.

ССПР стандарта NMT – системы с централизованным управлением.

Число дуплексных каналов базовой станции кратно 8. Один из каналов является *управляющим* (control channel). По нему передаются служебные цифровые сигналы. В некоторых ситуациях он может быть

также *каналом вызова* (calling channel). На этом канале происходит непосредственное установление соединения при вызове подвижного абонента сети, а разговор начинается только после того, как будет найден свободный в данный момент канал и произойдет переключение на него. Когда на базовой станции все каналы связи заняты, канал вызова может также быть *трафиковым* каналом (traffic channel) и использоваться для ведения разговора.

В служебных сигналах содержатся данные:

- канал вызова каждой базовой станции;
- один или несколько свободных каналов;
- номер рабочего канала;
- зоны обслуживания;
- страна, в которой находится подвижная станция.

Все трафиковые сигналы аналоговые и используют фазовую модуляцию, а служебные сигналы являются цифровыми и передаются со скоростью 1200/1800 бит/с FFSK модуляцией (Fast Frequency Shift Keying). Принцип формирования FFSK такой же, как при пакетной связи протокола AX25, но с частотами коммутации 1200 и 1800 Гц.

Принципы построения сотовых систем радиосвязи стандартов NMT-450 и NMT-900 практически совпадают. Оба стандарта сотовой связи базируются на спецификации стандарта NMT-450. Основные отличия более совершенного стандарта NMT-900 первоначально были связаны с введением в состав абонентского оборудования малогабаритной носимой станции, совершенствованием управления и развитием услуг связи [1, 2].

Кроме передачи речевых сообщений на местном, междугородном и международном уровнях ССПР стандартов NMT-450 и NMT-900 предоставляют абонентам широкий набор услуг, например:

- позволяют отправить телефаксы;
- обеспечивают доступ к различным базам данных при скорости передачи данных 4,8 кбит/с;
- дают возможность переадресовывать вызов на другой номер, ограничивают продолжительность разговоров, конференцсвязи трех абонентов, организовывать пользовательские группы с сокращенным набором номера;
- защищают доступ к сети с помощью системы идентификации абонента SIS (Subscriber Identification Security).

Так как общее число радиочастот, имеющих в наличии в системах стандартов NMT-450 и NMT-900, ограничено, то для того, чтобы увеличить емкость системы связи предусматривается

формирование малых зон связи ("малые ячейки") в густонаселенных районах.

Выходная мощность передатчиков всех подвижных станций автоматически уменьшается по команде радиотелефонного коммутатора, когда станция входит в зону "малой ячейки". Эта же процедура используется для того, чтобы уменьшить помехи в случае, когда подвижные станции находятся близко от базовых станций с обычными зонами обслуживания.

В табл. 3.1 приведены основные характеристики ССПР стандартов NMT-450 и NMT-900 [3].

Таблица 3.1

Наименования параметров	NMT-450	NMT-900
Полоса частот:		
- для передачи подвижной станцией	453 - 457,5 МГц	890 - 915 МГц
- для приема подвижной станцией	463 - 467,5 МГц	935 - 960 МГц
Дуплексный разнос каналов приема и передачи	10 МГц	45 МГц
Частотный разнос каналов	25 (20) кГц	25 (12,5) кГц
Количество каналов	180 (225)	999 (1999)
Радиус соты	15 - 40 км	2 - 20 км
Мощность передатчика базовой станции	50 Вт	25 Вт
Мощность передатчика подвижной станции	15 Вт 1,5 Вт 0,15 Вт	6 Вт 1 Вт 0,1 Вт

4. ССПР стандарта AMPS

Стандарт AMPS во многом похож на стандарт NMT, но имеются и существенные отличия. Рассмотрим эти отличия.

В ССПР стандарта AMPS используется принцип разнесенного приема сигналов, поэтому базовые станции содержат по две антенны и двухканальные приемники, и осуществляется последетекторное сложение этих сигналов.

В ССПР стандарта AMPS используются прямой и обратный каналы управления, т.е. эти системы с комбинированным управлением, а ССПР стандарта NMT – системы с централизованным управлением.

Данные по прямому каналу управления в направлении от базовой станции к подвижной передаются непрерывным потоком, и при отсутствии информации для подвижной станции содержит только контрольный текст. В нерабочем состоянии приемное устройство подвижной станции сканирует каналы управления, выбирая канал с наиболее высоким уровнем сигнала.

В отличие от ССПР стандарта NMT в AMPS контроль достоверности принимаемых сообщений осуществляется и прямым и обратным каналом. При этом достоверность принимаемой информации служебных каналов увеличивается благодаря пяти повторам ее передачи.

В системах стандарта AMPS процедура эстафетной передачи канала подобна соответствующей процедуре стандарта NMT и отличается лишь тем, что центр коммутации идентифицирует *шесть* ближайших к абоненту базовых станций. Вся процедура эстафетной передачи занимает около 250 мс.

Как и в стандарте NMT трафиковые сигналы аналоговые и используют фазовую модуляцию, а служебные сигналы цифровые и передаются FFSK модуляцией со скоростью 8 кбит/с.

Системы стандарта AMPS работают в диапазоне 824 – 849 МГц, 869 – 894 МГц с дуплексным разносом 45 МГц и имеют 666 дуплексных каналов.

Ширина полосы частот каждого канала 30 кГц. Узкополосная модификация аналогового стандарта NAMPS (Narrow Band AMPS) имеет полосу канала 10 кГц и соответственно в три раза большее количество каналов связи.

Мощность передатчиков базовых станций составляет 45 Вт, автомобильных станций – 12 Вт, переносных аппаратов – 1 Вт.

5. Цифровые ССПР стандарта GSM

5.1. Структура ССПР GSM

Структура ССПР стандарта GSM показана на рис. 5.1, на котором MSC (Mobile Switching Center) – центр коммутации подвижной связи; HLR – регистр положения; VLR – регистр перемещения; EIR (Equipment Identification Register) – регистр идентификации оборудования; AUC – центр аутентификации; BSS (Base Station System) – оборудование базовой станции; BSC (Base Station Controller) – контроллер базовой станции; BTS (Base Station Transmitter) – приемопередатчик базовой станции; SSS (Switch Station System) – приемопередатчик базовой станции; OMC (Operations and Maintenance Center) – центр управления и технического обслуживания; NMC (National Maintenance Center) – центр управления сетью; MS (Mobile Stations) – подвижные станции.

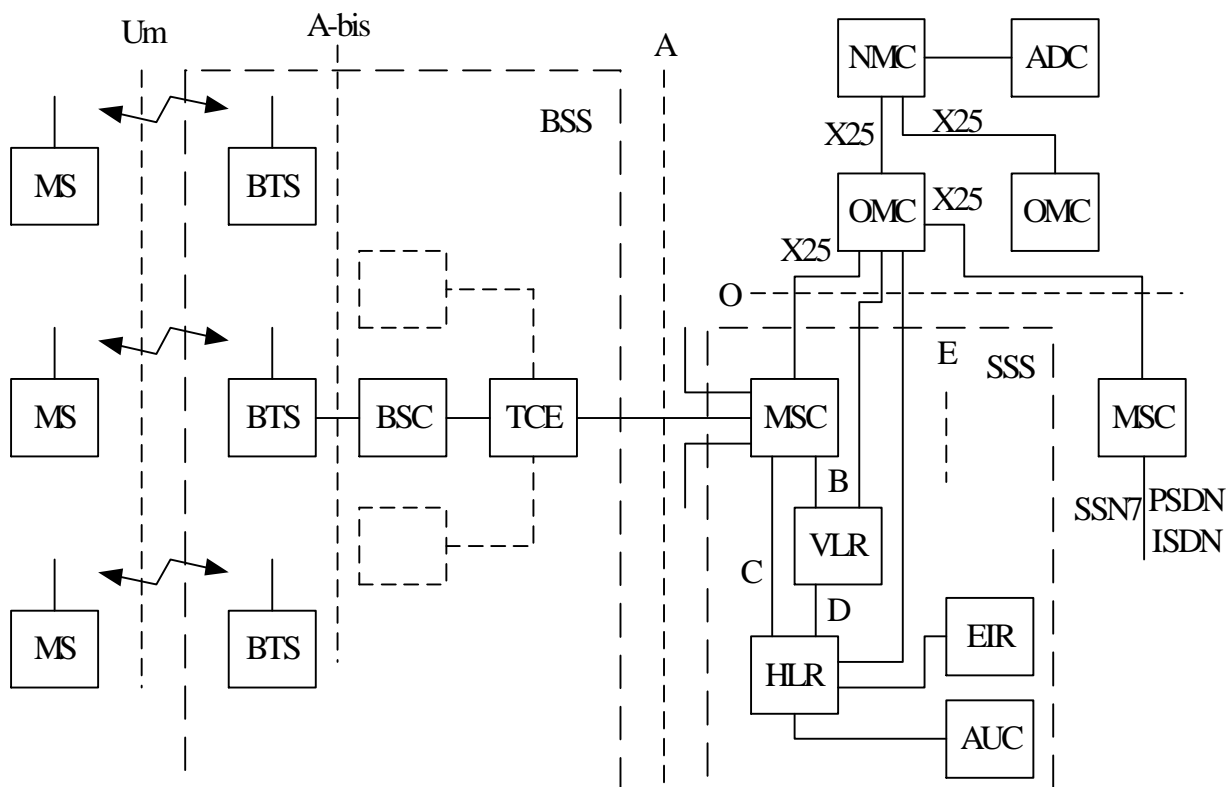


Рис. 5.1

Несколько MS и одна BSS входят в одну соту, несколько сот и одна SSS входят в одну зону, несколько зон и один OMC входят в один регион, несколько регионов и один NMC входят во всю сеть,

Центр коммутации подвижной связи выполняет следующие задачи:

- обслуживает группу сот и обеспечивает все виды соединений, в которых нуждается в процессе работы подвижная станция;
- обеспечивает маршрутизацию вызовов и функции управления вызовами;
- осуществляет эстафетную передачу каналов и передачу каналов при появлении помех или неисправностях;
- формирует данные, необходимые для выписки счетов за предоставленные сетью услуги связи;
- составляет статистические данные, необходимые для контроля работы и оптимизации сети;
- поддерживает процедуры безопасности, применяемые для управления доступами к радиоканалам;
- регистрирует местоположения подвижных станций.

Центр коммутации для осуществления постоянного слежения за подвижными станциями использует регистры положения HLR и перемещения VLR.

Регистры HLR и VLR представляют собой справочную базу данных о постоянно прописанных в сети абонентах. В ней содержатся идентификационные номера и адреса, а также параметры подлинности абонентов, состав услуг связи, специальная информация о маршрутизации. В них ведется регистрация данных о роуминге абонента, включая данные о временном идентификационном номере подвижного абонента.

С помощью VLR достигается функционирование подвижной станции за пределами зоны, контролируемой HLR. VLR содержит такие же данные, как и HLR, но эти данные содержатся в VLR только до тех пор, пока абонент находится в зоне, контролируемой VLR.

В центре аутентификации AUC каждый подвижный абонент на время пользования системой связи получает стандартный модуль

подлинности абонента (SIM), который содержит международный идентификационный номер (IMSI), свой индивидуальный ключ аутентификации и алгоритм аутентификации, с помощью которых и с учетом данных регистре EIR, проверяются полномочия абонента и осуществляется доступ последнего к сети связи.

База данных EIR кроме серийных номеров абонентских аппаратов содержит также следующие данные об абонентском оборудовании сети:

- “белый” список, содержащий номера IMEI, о которых есть сведения о том, что они закреплены за санкционированными подвижными станциями;
- “черный” список, содержащий номера IMEI подвижных станций, которые украдены или которым отказано в обслуживании по другой причине;
- “серый” список, содержащий номера IMEI подвижных станций, у которых существуют проблемы, выявленные по данным программного обеспечения, что не является основанием для внесения в “черный список”.

Центр эксплуатации и технического обслуживания ОМС является центральным звеном сети GSM в регионе, который обеспечивает контроль и управление всеми компонентами региональной сети и контроль качества ее работы и включает в себя сбор статистических данных о нагрузке от компонентов сети GSM, изменения программного обеспечения и баз данных о конфигурации элементов сети, загрузка программного обеспечения в память других звеньев сети или ОМС.

ОМС соединяется с другими компонентами сети GSM по проводным каналам пакетной передачи протокола X25.

Центр управления сетью NMC позволяет обеспечивать рациональное иерархическое управление всей сетью GSM.

Оборудование *базовой станции BSS* состоит из контроллера базовой станции BSC, приемо-передающих устройств базовых станций BTS и транскодера TCE. Контроллер базовой станции может управлять

несколькими приемо-передающими блоками. BSC обеспечивает следующие основные функции:

- управляет распределением радиоканалов;
- контролирует соединения;
- обеспечивает режим работы с прыгающей частотой;
- осуществляет модуляцию и демодуляцию сигналов;
- проводит кодирование и декодирование сообщений и речи;
- обеспечивает адаптацию скорости передачи речи и данных.

Транскодер TCE обеспечивает преобразование выходных сигналов канала передачи речи и данных MSC к виду, соответствующему радиоинтерфейсу GSM.

Стандарт GSM содержит интерфейсы (см. рис. 5.1) для осуществления соединений с внешними сетями и между различным оборудованием сетей GSM.

Соединение с ГАТС, с сетью NMT-450, с общеевропейскими сетям GSM осуществляется MSC по линии связи 2 Мбит/с в соответствии с системой сигнализации SS№7.

Интерфейс между MSC и BSS (А-интерфейс) обеспечивает передачу сообщений для управления BSS, передачи вызова, управления передвижением. А-интерфейс объединяет каналы связи и линии сигнализации.

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

Интерфейс между MSC и HLR (С-интерфейс) используется для обеспечения взаимодействия между MSC и HLR. MSC может послать сообщение HLR в конце сеанса связи для того, чтобы абонент мог

оплатить разговор. Когда сеть фиксированной телефонной связи не способна исполнить процедуру установления вызова подвижного абонента, MSC может запросить HLR с целью определения местоположения абонента для того, чтобы послать вызов MS.

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

Интерфейс между MSC (E-интерфейс) обеспечивает взаимодействие между разными MSC при осуществлении процедуры эстафетной передачи абонента.

Интерфейс между BSC и BTS (A-bis интерфейс) служит для связи BSC с BTS. Передача осуществляется цифровыми потоками со скоростью 2,048 Мбит/с. Возможно использование физического интерфейса 64 кбит/с.

Интерфейс между BSC и OMC (O-интерфейс) предназначен для связи MSC с OMC и используется в сетях с пакетной коммутацией протокола X25.

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

Интерфейс между MS и BTS (Um-радио интерфейс) определен Рекомендаций ETSI.

Совокупность интерфейсов стандарта GSM обеспечивает высокие параметры передачи сообщений, совместимость с существующими и перспективными информационными сетями, предоставляют абонентам широкий спектр услуг цифровой связи.

5.2. Организация логических каналов ССПР GSM

Различают физические и логические каналы связи. В стандарте GSM физические каналы реализованы в окнах TDMA. Сообщения и данные, представленные в цифровой форме, группируются и объединяются в логические каналы двух типов: каналы связи для передачи кодированной речи или данных TCH (Traffic Channel) и каналы управления для передачи сигналов управления и синхронизации CCH (Control Channel).

Состав логических каналов приведена на рис. 5.2.

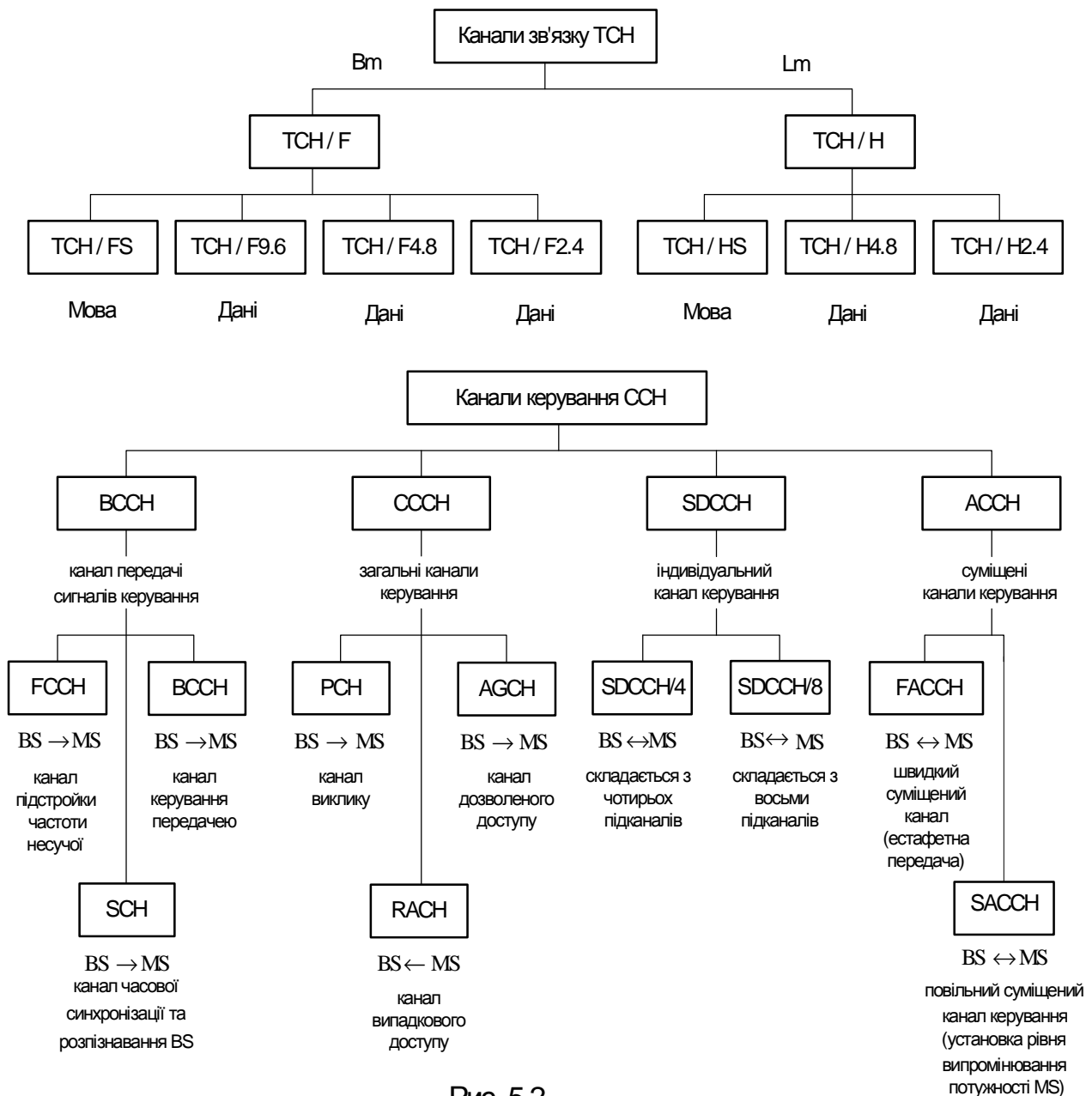


Рис. 5.2

В стандарте GSM различают логические каналы связи двух основных видов:

- TCH/F (Full Rate Traffic Channel) – канал передачи сообщений с полной скоростью 22,8 кбит/с (другое обозначение Bm);
- TCH/H (Half Rate Traffic Channel) – канал передачи сообщений с половинной скоростью 11,4 кбит/с (другое обозначение Lm).

Один физический канал может представлять собой канал передачи сообщений с полной скоростью или два канала с половинной скоростью передачи. В первом случае канал связи занимает одно временное окно, во втором – два канала связи занимают то же самое временное окно, но с перемежением в соседних кадрах, т.е. каждый канал следует через кадр.

Для передачи кодированной речи и данных предназначены каналы связи следующих типов:

- TCH/FS (Full Rate Traffic Channel for Speech) – канал для передачи речи с полной скоростью;
- TCH/HS (Half Rate Traffic Channel for Speech) – канал для передачи речи с половинной скоростью;
- TCH/F 9,6 (Full Rate Traffic Channel for 9,6 kbit/s User Data) – канал передачи данных с полной скоростью 9,6 кбит/с;
- TCH/F 4,8 (Full Rate Traffic Channel for 4,8 kbit/s User Data) – канал передачи данных с полной скоростью 4,8 кбит/с;
- TCH/F 2,4 (Full Rate Traffic Channel for 2,4 kbit/s User Data) – канал передачи данных с полной скоростью 2,4 кбит/с;
- TCH/H 4,8 (Half Rate Traffic Channel for 9,6 kbit/s User Data) – канал передачи данных с половинной скоростью 4,8 кбит/с;
- CH/H 2,4 (Half Rate Traffic Channel for 9,6 kbit/s User Data) – канал передачи данных с половинной скоростью 2,4 кбит/с.

Различают четыре вида каналов управления:

- BCCH (Broadcast Control Channel) – каналы передачи сигналов управления;
- CCCH (Common Control Channel) – общие каналы управления;
- SDCCCH (Stand-alone Dedicated Control Channel) – индивидуальные каналы управления;
- ACCH (Associated Control Channel) – совмещенные каналы управления.

Каналы передачи сигналов управления BCCH используются только в направлении с базовой станции на все подвижные станции. Они несут информацию, которая необходима подвижным станциям для работы в системе. Различают три вида каналов передачи сигналов управления

BCCH:

- FCCH (Frequency Correction Channel) – канал подстройки частоты, который используется для синхронизации несущей в подвижной станции. По этому каналу передается немодулированная несущая;

- SCH (Synchronization Channel) – канал синхронизации, по которому передается информация на подвижную станцию о кадровой (временной) синхронизации;

- BCCH (Broadcast Control Channel) – канал управления передачей сигналов.

Используются три типа общих каналов управления CCCH:

- PCH (Paging Channel) – канал вызова, используется только в направлении от базовой станции к подвижной для ее вызова;

- RACH (Random Access Channel) – канал параллельного доступа, используется только в направлении от подвижной станции к базовой для запроса о назначении индивидуального канала управления;

- AGCH (Access Grant Channel) – канал разрешенного доступа, используется только для передачи с базовой станции на подвижную для выделения специального канала управления, обеспечивающего прямой доступ к каналу связи.

Выделенные индивидуальные каналы управления SDCCH используются в двух направлениях для связи между базовой и подвижной станциями. Эти каналы предназначены для установки требуемого пользователем вида обслуживания. Различают два вида таких каналов:

- SDCCH/4 (Stand-alone Dedicated Control Channel) – индивидуальный канал управления, состоит из четырех подканалов;

- SDCCH/8 (Stand-alone Dedicated Control Channel) – индивидуальный канал управления, состоит из восьми подканалов.

Различают два вида ACCH:

- FACCH (Fast Associated Control Channel) – быстрый совмещенный канал управления, служит для передачи команд при переходе подвижной станции из соты в соту, т.е. при "эстафетной передаче" подвижной станции;

- SACCH (Slow Associated Control Channel) – медленный совмещенный канал управления, по направлению "вниз" передает команды для установки выходного уровня мощности передатчика подвижной станции. По направлению "вверх" подвижная станция посылает данные, касающиеся уровня установленной выходной

мощности базовой станции, а также измеренного приемником уровня радиосигнала и его качества.

5.3. Организация физических каналов ССПР GSM

Восемь физических каналов размещены в восьми временных окнах в пределах TDMA-кадра, при этом каждый физический канал использует одно и то же временное окно в каждом временном TDMA-кадре.

26 кадров длительностью 120 мс составляют мультикадр. Объединение каналов связи ТСН с полной и половинной скоростями с медленным совмещенным каналом управления SACCH показано, например, на рис. 5.3 а, б, где на а – организация полноскоростного канала связи (ТСН+SACCH); на б – организация полускоростного канала связи (ТСН+SACCH); Т, t – данные или речь двух каналов связи ТСН; А, а – данные двух каналов для передачи SACCH; “–” – пустой TDMA-кадр.

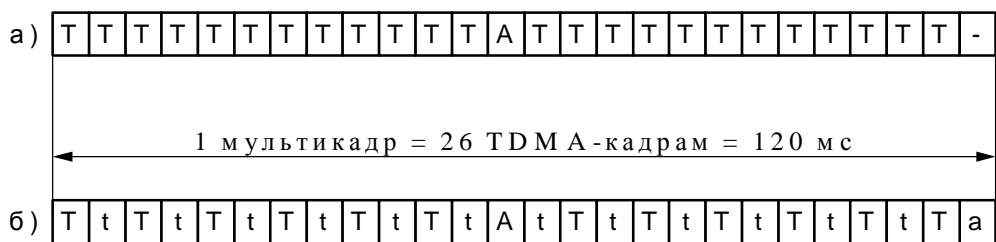


Рис. 5.3

В полноскоростном канале связи в каждом 13-м TDMA-кадре мультикадра передается пакет информации канала SACCH; каждый 26-й TDMA-кадр мультикадра свободен. В полускоростном канале связи пакеты информации канала SACCH передается в каждом 13-м и 26-м TDMA-кадрах мультикадра.

Для одного физического канала в каждом TDMA-кадре используется 114 бит. Так как в мультикадре для передачи канала связи ТСН используется 24 TDMA-кадра из 26 и длительность мультикадра составляет 120 мс, общая скорость передачи информационных сообщений по ТСН каналу составляет 22,8 кбит/с. Канал SACCH занимает в полноскоростном канале связи только один TDMA-кадр (114 бит) при скорости передачи по SACCH каналу

950 бит/с. Полная скорость передачи в объединенном TCH/SACCH канале с учетом пустого (свободного) 26-го TDMA-кадра составит $22,8 + 0,950 + 0,950 = 24,7$ кбит/с.

Как показано на рис. 5.3 за время 26-кадрового мультикадра (в одном физическом канале) может передаваться два полускоростных канала TCH, каждый по 12 TDMA-кадров (T и t). Пустой 26-й TDMA-кадр в полноскоростном канале TCH отводится для канала SACCH во втором полускоростном канале TCH. Для каждого полускоростного канала TCH скорость передачи составляет 11,4 кбит/с; полная скорость передачи в объединенном полускоростном канале TCH/SACCH остается прежней – 24,7 кбит/с.

Стандарт GSM разработан для создания ССПР в следующих полосах частот: 890 – 915 МГц – для передачи подвижными станциями (линия "вверх"), 935 – 960 МГц – для передачи базовыми станциями (линия "вниз").

Каждая из полос, выделенных для сетей GSM, разделяется на частотные каналы. Разнос каналов составляет 200 кГц, что позволяет организовать в сетях GSM 124 частотных канала. Частоты, выделенные для передачи сообщений подвижной станцией на базовую и в обратном направлении, группируются парами, организуя дуплексный канал FDD с разносом 45 МГц. Эти пары частот сохраняются и при перескоках частоты.

В ССПР GSM используют абонентские станции 1 – 5-го классов с выходной мощностью 20, 8, 5, 2, 0.8 Вт, соответственно. При этом станции 1 – 3-го классов устанавливают на транспортных средствах, а 4-го и 5-го представляют собой носимые модели.

Для передачи цифровых сообщений по физическим каналам используется гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом (GMSK), которую отличают постоянная по уровню огибающая, которая позволяет использовать эффективные передающие устройства с усилителями мощности в режиме класса С; компактный спектр на выходе усилителя мощности передающего устройства, обеспечивающий низкий уровень внеполосного излучения; хорошие характеристики помехоустойчивости канала связи.

5.4. Процедуры аутентификации и идентификации ССПР GSM

Аутентификация – процедура подтверждения подлинности (действительности, законности, наличия прав на пользование услугами сотовой связи) абонента системы подвижной связи. Необходимость введения этой процедуры вызвана многочисленными и разнообразными проявлениями особого рода мошенничества – фрода в сотовой связи путем получения несанкционированного доступа к услугам сотовой связи. Слово *аутентификация* (английское *authentication*) происходит от греческого *authentikos* - подлинный, исходящий из первоисточника.

Первоначально, в аналоговых системах сотовой связи первого поколения, процедура аутентификации имела простейший вид: подвижная станция передавала свой уникальный идентификатор (электронный серийный номер – Electronic Serial Number, ESN), и если таковой отыскивался среди зарегистрированных в домашнем регистре, то процедура аутентификации считалась успешно выполненной. Такая примитивная аутентификация оставляла большие возможности для фрода, поэтому со временем и в аналоговых системах, и тем более в системах сотовой связи второго поколения с использованием дополнительных возможностей цифровых методов передачи информации процедура аутентификации была значительно усовершенствована.

Идея процедуры аутентификации в цифровой системе сотовой связи заключается в шифровании некоторых паролей-идентификаторов с использованием квазислучайных чисел, периодически передаваемых на подвижную станцию с центра коммутации, и индивидуального для каждой подвижной станции алгоритма шифрования. Такое шифрование, с использованием одних и тех же исходных данных и алгоритмов, производится как на подвижной станции, так и в центре коммутации (или в центре аутентификации), и аутентификация считается закончившейся успешно, если оба результата совпадают.

В стандарте GSM процедура аутентификации связана с использованием модуля идентификации абонента (Subscriber Identity

Module - SIM), называемого также SIM-картой (SIM-card) или смарт-картой (smart-card). Модуль SIM – это съемный модуль и вставляемый в соответствующее гнездо абонентского аппарата.

Модуль SIM содержит персональный идентификационный номер абонента (Personal Identification Number – PIN), международный идентификатор абонента подвижной связи (International Mobile Subscriber Identity - IMSI), индивидуальный ключ аутентификации абонента K_i , индивидуальный алгоритм аутентификации абонента A_3 , алгоритм вычисления ключа шифрования A_5 .

Для аутентификации используется зашифрованный отклик (signed response) S , являющийся результатом применения алгоритма A_3 к ключу K_i и квазислучайному числу R , получаемому подвижной станцией от центра аутентификации через центр коммутации. Алгоритм A_5 используется для вычисления ключа шифрования сообщений. Уникальный идентификатор IMSI для текущей работы заменяется временным идентификатором TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity - временный идентификатор абонента подвижной связи), присваиваемым аппарату при его первой регистрации в конкретном регионе, определяемом идентификатором LAI (Location Area Identity - идентификатор области местоположения), и сбрасываемым при выходе аппарата за пределы этого региона.

Идентификатор PIN – это код, известный только абоненту, который должен служить защитой от несанкционированного использования SIM-карты, например при ее утере. После трех неудачных попыток набора PIN-кода SIM-карта блокируется, и блокировка может быть снята либо набором дополнительного кода – персонального кода разблокировки (Personal unblocking key – PUK), либо по команде с центра коммутации.

Процедура аутентификации стандарта GSM схематически показана на рис. 5.4. Пунктиром отмечены элементы, не относящиеся непосредственно к процедуре аутентификации, но используемые для вычисления ключа шифрования K_s .

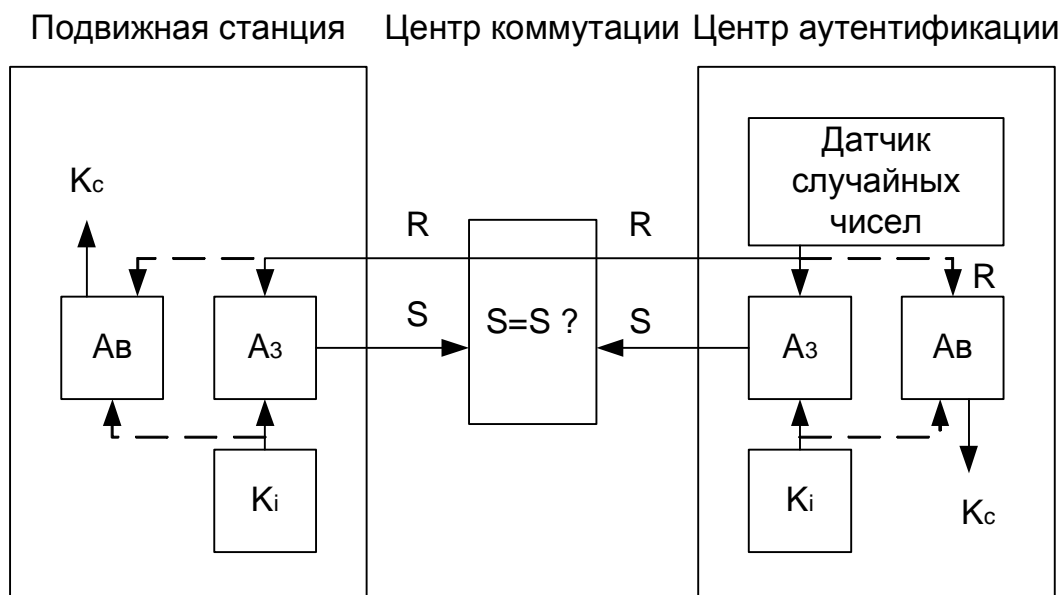


Рис. 5.4

Идентификация - процедура отождествления подвижной станции (абонентского радиотелефонного аппарата), т.е. процедура установления принадлежности к одной из групп, обладающих определенными свойствами или признаками. Эта процедура используется для выявления утерянных, украденных или неисправных аппаратов. Слово *идентификация* (английское *identification*) происходит от средневекового латинского *identificare* – отождествлять.

Процедура идентификации заключается в сравнении идентификатора абонентского аппарата с номерами, содержащимися в соответствующих «черных списках» регистра аппаратуры, с целью изъятия из обращения украденных и технически неисправных аппаратов.

Таким образом, аппарат будет функционировать, если он идентифицирован в «белом» или «сером» списках и аутентифицирован.

5.5. Службы передачи данных стандарта GSM

ССПР стандарта GSM содержат два класса служб (рис. 5.5) передачи данных: основные службы и телеслужбы. На рис. 5.5 TE (Terminal Equipment) – терминальное оборудование, например, персональный компьютер, MT (Mobile Terminal) – подвижный терминал, например, сотовый телефон по цифровому порту), IWF (Interworking Function) – функциональный межсетевой интерфейс.

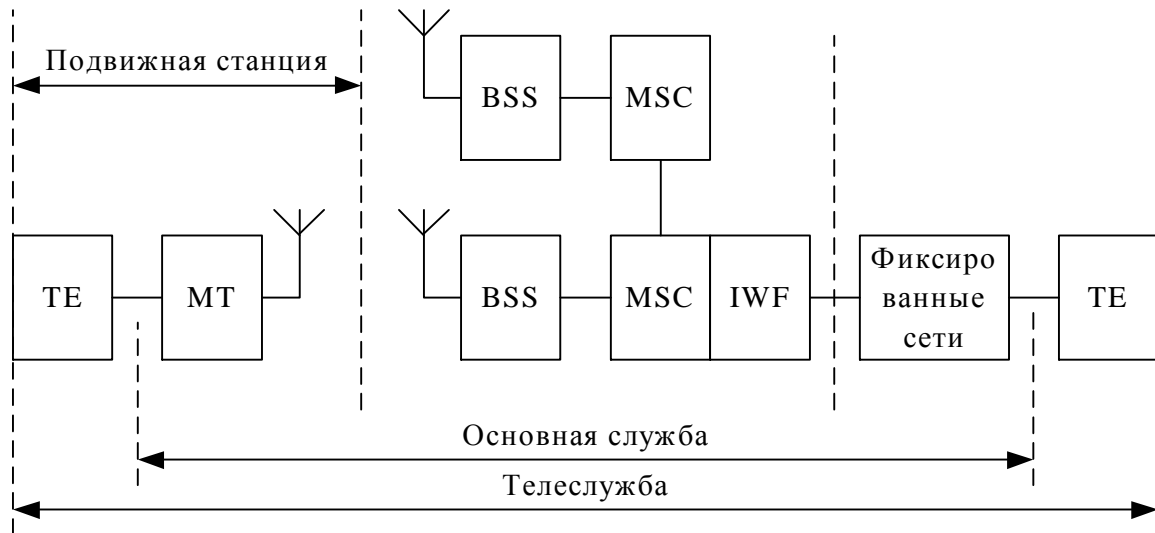


Рис. 5.5

Основные службы обеспечивают связь контроллеров MT между собой, в частности, асинхронную и синхронную дуплексную передачу данных (в том числе оцифрованных голосовых сигналов) со стандартными скоростями 300 – 9600 бит/с через линии общего пользования GSM или GATC.

Телеслужбы обеспечивают связь между TE со скоростью до 384 кбит/с, в частности:

- спецсигнализацию (охрану квартир, сигналы бедствия и пр.);
- доступ к службам "Видеотекст" и "Телетекст";
- доступ к оборудованию "Телефакс";
- доступ к сети Интернет.
- особые услуги, например, оповещение о тарифных расходах, передача служебных буквенно-цифровых сообщений для отдельных групп пользователей и др.

Стандарт GSM обеспечивает следующие каналы передачи данных:

– CSD (Circuit-Switched Data) – один выделенный физический канал со скоростью передачи данных 9,6 кбит/с, содержащий канал передачи данных TCH/F9,6 и каналы управления $\Sigma(\dots\text{CCH}\dots)$ с суммарной скоростью 24,7 кбит/с;

– HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data) – выделенный канал, содержащий от одного до восьми каналов CSD, что увеличивает скорость 9,6 кбит/с в соответствующее число раз и обеспечивает общую скорость 76,8 кбит/с передачи данных;

– GPRS (General Packet Radio Service) – канал передачи данных многопользовательского доступа с голосовым каналом с приоритетом голосового канала, содержащий каналы передачи пользовательских данных TCH/F9,6 + TCH/F4,8 и каналы управления $\Sigma(\dots\text{CCH}\dots)$, обеспечивающий скорость до $14,4 \times 8 = 115,2$ кбит/с передачи данных;

– EDGE (Enhanced Data rates for Global Evolution) – канал передачи данных, в котором наряду с GMSK применяется добавочный формат восьмеричной ФМ, утраивающей скорость передачи данных при сохранении частотного ресурса, что позволяет получить скорость до 384 кбит/с [11].

Для ответственных задач промышленного назначения рекомендуется использовать выделенные каналы CSD и HSCSD, а для бытового назначения – каналы GPRS и EDGE.

5.6. Служба GPRS стандарта GSM

Ситуация до введения GPRS. Для голоса один номер и тарификация, а для данных – другие. После введения GPRS (2002 г.) голос и данные можно передавать по одному и тому же номеру, а ССПР сама распознает и тарифицирует их.

Доработку стандарта GSM для предоставления услуг передачи данных GPRS (поколение 2,5G) можно условно разделить на программную и аппаратную.

Программное обеспечение нуждалось в замене или обновлении практически полностью, начиная с реестров HLR-VLR и заканчивая базовыми станциями BTS. В частности, вводился режим многопользовательского доступа к временным кадрам каналов GSM, а в HLR, например, появился новый параметр Mobile Station Multislot Capability (количество каналов, с которыми одновременно может работать мобильный телефон абонента).

Изменение структуры следующие. Добавилось ядро системы GPRS (GPRS Core Network), состоящее (рис. 5.6) из двух основных блоков – SGSN (Serving GPRS Support Node – узла поддержки GPRS) и GGSN (Gateway GPRS Support Node – шлюзового узла GPRS).

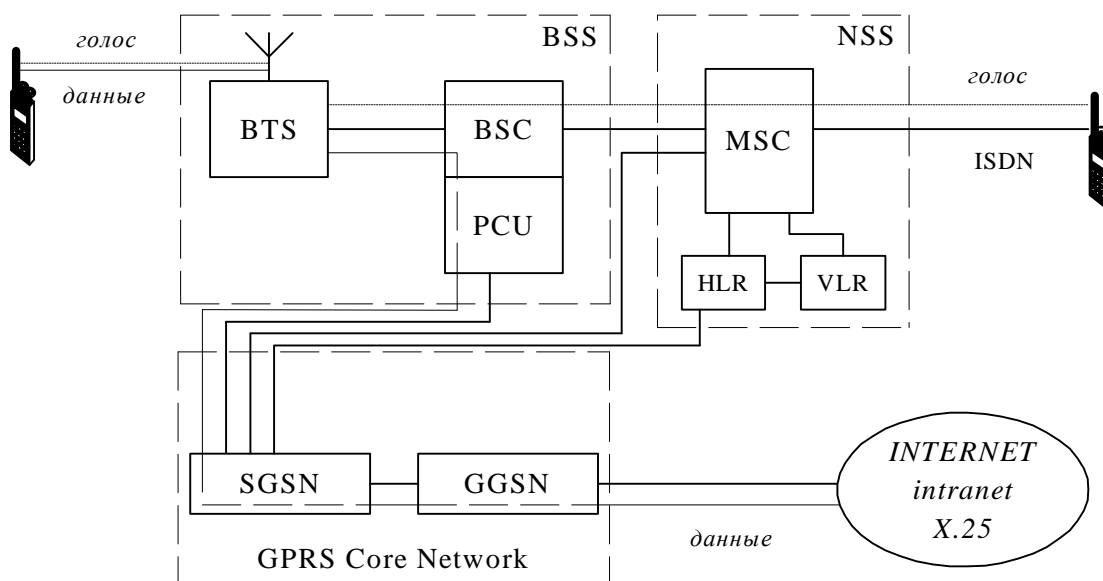


Рис. 5.6

SGSN можно назвать аналогом MSC – коммутатора пакетной сети GSM. SGSN контролирует доставку пакетов данных пользователям, взаимодействует с реестром собственных абонентов сети HLR, проверяя, разрешены ли запрашиваемые пользователями услуги,

ведет мониторинг пользователей, организует регистрацию абонентов вновь "проявившихся" в зоне действия сети и т.п. Так же как и MSC, SGSN, в системе может быть и не один, в этом случае каждый узел отвечает за свой участок сети. Например, SGSN производства компании Motorola имеет следующие характеристики: каждый узел поддерживает передачу до 2000 пакетов в секунду, одновременно контролирует до 10000 находящихся online пользователей. Всего же в системе может быть до 18 SGSN Motorola.

GGSN – это шлюз между сотовой сетью (вернее, ее частью для передачи данных GPRS) и внешними информационными магистралями (Internet, другими GPRS системами и так далее). Основной задачей GGSN, таким образом, является роутинг (маршрутизация) данных, идущих от и к абоненту через SGSN. Вторичными функциями GGSN является адресация данных, динамическая выдача IP-адресов, а также отслеживание информации о внешних сетях и собственных абонентах (в том числе тарификация услуг).

В GPRS-систему заложена хорошая масштабируемость, так как при появлении новых абонентов оператор может увеличивать число SGSN, а при увеличении суммарного трафика – добавлять в систему новые GGSN. Внутри ядра GPRS-системы (между SGSN и GGSN) данные передаются с помощью специального туннельного протокола GTP (GPRS Tunneling Protocol).

Еще одной составной частью системы GPRS является PCU (Packet Control Unit – устройство контроля пакетной передачи). PCU стыкуется с контроллером базовых станций BSC и отвечает за направление трафика данных непосредственно от BSC к SGSN.

За управление и контроль GPRS-системы отвечает OMC-R/G (Operation and Maintenance Center – Radio/GSN – центр управления и обслуживания радио/узла GPRS). Это интерфейс между системой и обслуживающим ее персоналом.

Для передачи данных базовая станция BSS выделяет мобильному терминалу в кадре произвольное число тайм-слотов: от 0 до 8. Причем допустимо асимметричное назначение ресурсов. То есть во время пакетной передачи ресурсы линии связи «вверх» и «вниз» задаются независимо.

Абонентские терминалы GPRS, выпускаемые в настоящее время, поддерживают от 2 до 4 каналов «вниз» для приема информации и до 2 каналов «вверх» для передачи, что позволяет получить максимальную скорость приема до 57,6 кбит/с и передачи до

28,8 кбит/с. Ожидается появление моделей GPRS терминалов, поддерживающих до 7 каналов.

Перспектива появления новых аппаратов с поддержкой большого количества каналов, работающих на максимально возможных скоростях передачи данных, вызывает определенное беспокойство у специалистов. Устройства GPRS при работе на высоких скоростях могут выходить за рамки максимально допустимого уровня радиоизлучения. Например, при работе со скоростью 30 – 40 кбит/с сотовый телефон 4 класса (2 Вт) излучает мощность до 0,75 Вт, превышающую мощность при работе голосового канала.

Любой канал связи работает в неидеальных условиях, поэтому в GSM используют избыточное кодирование. Более того, в технологии GPRS возможны 4 схемы кодирования данных: от CS1 (для работы в условиях сильных помех) до CS4 (для работы при минимальных помехах). Таким образом, при постоянной скорости в канале количество передаваемой полезной информации зависит от условий работы МТ и базовой станции. Чем хуже помеховая обстановка, тем меньше полезной информации можно передать в единицу времени.

Мобильные телефоны с GPRS могут классифицироваться по трем классам в возможности одновременных запросов (через GSM) и передачу данных (через GPRS).

Класс А – терминал позволяет одновременно осуществлять передачу речи и данных в режиме GPRS. Терминалы одновременно выполняют сигнализацию и управление для GSM и GPRS. В случае приема информации и при входящем вызове телефона класса А поддерживает одновременную работу с голосом и данными.

Класс В – терминал поддерживает и голосовое соединение, и передачу данных в режиме GPRS, но эти режимы используются не одновременно. Во время передачи данных через GPRS абонент не может совершать и принимать голосовые звонки и наоборот. Если во время загрузки информации из интернета (режим GPRS) телефон принимает вызов для голосовой связи, передача данных прерывается. Как только голосовое соединение завершается, загрузка данных возобновляется, поскольку логическая связь между сетью GPRS и телефоном сохраняется. Выбор режима GPRS/речь осуществляется автоматически с приоритетом последнего. Например, МТ Nokia 6021.

Класс С – терминал обеспечивает только передачу данных в пакетном режиме или голос. Выбор типа (GPRS/речь) выполняется вручную. Например, если МТ обслуживает передачу данных, голосовое соединение невозможно. Например, МТ Seimens 35.

5.7. Служба EDGE стандарта GSM

Изначально EDGE подразумевалась как расширение технологии GPRS (General Packet Radio Service). Впервые она была представлена в 1997 году ETSI (Европейский Институт Стандартизации Электросвязи). Тогда же была представлена первая расшифровка как Enhanced Data Rates for GSM Evolution (Усовершенствованная Технология передачи данных для Развития GSM). В последствии, с появлением спецификации сетей 3-го поколения, название **EDGE** было перефразировано и сейчас оно расшифровывается как **Enhanced Data rates for Global Evolution** (Усовершенствованная Технология передачи данных для Глобального Развития).

Технология EDGE служит еще одним шагом (первый шаг — внедрение GPRS) на пути от GSM к UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Так что можно сказать, EDGE – полноценное переходное звено на пути к 3G или, как его иногда называют, 2.5G.

"Киевстар" запустил EDGE в коммерческую эксплуатацию в октябре 2005 года. На первом этапе новая технология была внедрена в 10 крупных городах Украины.

EDGE не является новым стандартом сотовой связи. Основное изменение технологии GSM с EDGE заключается в применении нового метода модуляции, кодирования и новых методов коррекции ошибок, которые значительно расширяют возможности радиointерфейса. Частотный план GSM остался без изменений.

EDGE использует ту же полосу пропускания и структуру временных слотов, что и GSM. Таким образом, оператор может продолжать использовать уже имеющиеся диапазоны частот по 200 кГц, структуру каналов. Формат пакета идентичен и включает тестовую последовательность из 26 символов в центре пакета, две хвостовые последовательности из трех символов с каждого конца пакета, две последовательности с данными по 58 символов и контрольную последовательность из 8,25 символов.

Инфраструктура базовой станции претерпела некоторые

изменения (рис. 1). На рис. 1: GGSN – блок маршрутизации GPRS, SGSN - блок поддержки GPRS, PCU – контроллер пакетной связи, TRU – приёмно-передатчик, при этом измененные узлы показаны оранжевым цветом.

Для поддержки EGPRS достаточно установки на базовой станции поддерживающего новые модуляционные схемы трансивера и также потребуется обновление программного обеспечения, которое должно будет обрабатывать измененный протокол передачи пакетов.

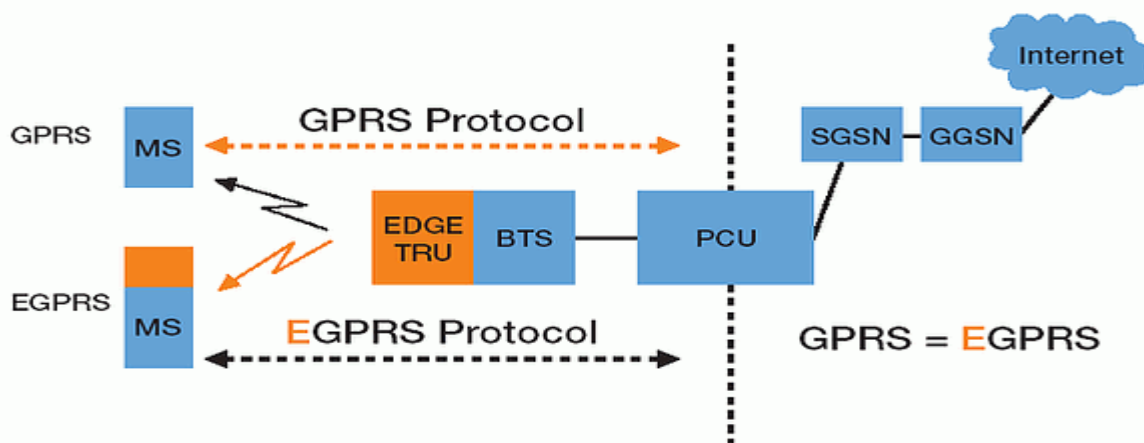


Рис. 1

Табл. 1 иллюстрирует разные технические характеристики EDGE и GPRS.

Таблица 1

Технология	GPRS	EDGE
Модуляционная схема	GMSK	8-PSK/GMSK
Скорость передачи символов	270 тыс. в секунду	270 тыс. в секунду
Пропускная способность	270 кбит/с	810 кбит/с
Пропускная способность на тайм-слот	22,8 кбит/с	69,2 кбит/с
Скорость передачи данных на тайм-слот	20 кбит/с (CS4)	59,2 кбит/с (MCS9)
Скорость передачи данных с использованием 8 тайм-слотов	160 кбит/с	473,6 кбит/с

Хотя и в EDGE, и в GPRS в единицу времени отправляется одинаковой число символов, благодаря использованию другой модуляционной схемы, число бит данных в EDGE втрое больше. Приведенные в таблице значения пропускной способности и скорости

передачи данных отличаются друг от друга из-за того, что в первой также учитываются заголовки пакетов, пользователю ненужные. Ну, а максимальная скорость передачи данных в 384 кбит/с (требуемая для соответствия спецификациям IMT-2000) получается в том случае, если используется восемь тайм-слотов, то есть, на каждый тайм-слот приходится по 48 кбит/с.

Скорость передачи данных зависит от условий радиодоступа, используемой схемы кодирования и количества временных интервалов (каналов) в комбинации. EDGE объединяет восемь временных интервалов, при этом скорость передачи данных из расчета на один временной интервал (канал) составляет от 8,8 кбит/с (MCS-1) до 59,2 кбит/с (MCS-9). EDGE обеспечивает устойчивую скорость передачи данных со скоростью **384 кбит/с**, а теоретически возможный предел составляет почти 480 кбит/с (т.е., восемь временных интервалов по 59,2 кбит/с).

Максимально возможная скорость передачи данных при помощи данной технологии составляет **473,6 кбит/с**, однако на практике она зависит от настроек операторов, возможностей вашего телефона, качества сигнала, загрузки сети и свободных ресурсов базовой станции с которой в данный момент вы работаете.

В отличие от GPRS, EDGE использует наряду с GMSK несколько другую технологию, называемую 8PSK или 8-Phase Shift Keying (“8-позиционная фазовая манипуляция”, сдвиг фазы равен $\pi/4$). В самом упрощенном виде ее можно описать следующим образом: данные передаются по сетям GPRS и EDGE в виде импульсов. В сети GPRS один импульс может нести 1 бит данных, а в сети EDGE один импульс несет 3 бита. Таким образом, в действительности данные передаются не быстрее, а большими порциями за определенный промежуток времени. То есть 8PSK позволяет передавать 3 бита на каждое изменение фазы несущего сигнала.

Для передачи информации EDGE, так же как и GPRS, использует тайм-слоты (временные отрезки кадра). Существует идентичная GPRS политика распределения таймслотов между каналами на прием и передачу. Еще одно преимущество состоит в том, что максимальная

скорость потока в одном таймслоте составляет 48 кбит/с (против 9,6 кбит/с у GPRS). Естественно, что такая скорость достигается только при идеальном приеме, в реальности все будет обстоять гораздо хуже. В зависимости от качества связи предусмотрено 9 алгоритмов кодирования от MCS-1 до MCS-9 (последний обладает самой малой избыточностью кодирования, соответственно – самый быстрый).

Для EGPRS разработано девять схем кодирования, MCS1 – MCS9, соответственно, назначение которых также в обеспечении коррекции ошибок. Причем в “младших” MSC1 – MSC4 используется модуляционная схема GMSK, в “старших” MSC5 – MSC9 – модуляционная схема 8PSK. На рис. 2 представлена зависимость скорости передачи данных от использования разных модуляционных схем с разными схемами кодирования. Чем хуже условия приема (отношение сигнал/шум), тем больше приходится закладывать избыточной информации в каждый пакет, а значит, тем меньше скорость передачи данных. Небольшое отличие в скорости передачи данных, наблюдаемое между CS1 и MCS1, CS2 и MCS2, и т. д., связано с разницей в величине заголовков пакетов.

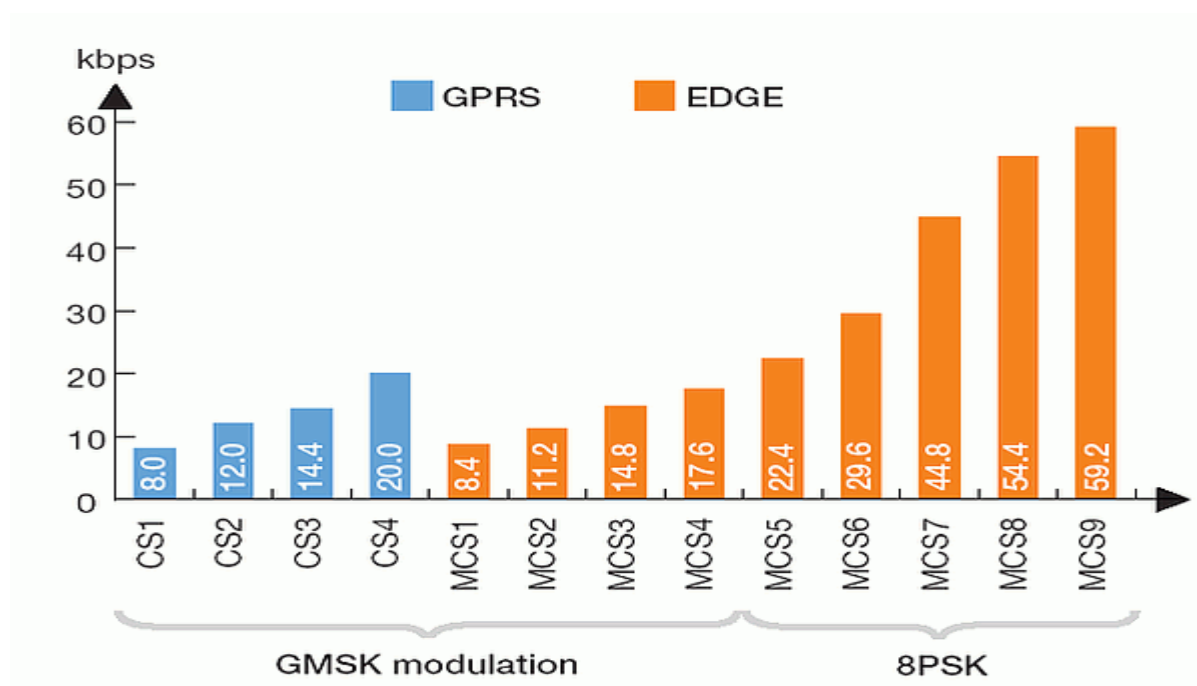


Рис.2

Если соотношение сигнал/шум невелико, не все потеряно: в старших модуляционно-кодированных схемах MCS7, MCS8, MCS9 предусмотрена процедура «наложения»: так как стандарт способен отправлять группы пакетов на разных несущих (внутри частотного диапазона), для каждой из которых условия (и прежде всего — «зашумленность») могут быть разными, в этом случае повторной передачи всего блока можно избежать, если знать, в какой группе произошел сбой и повторно транслировать именно эту группу. В отличие от старшей кодировочной схемы GPRS CS4, где не используется аналогичный алгоритм коррекции ошибок, в EGPRS MCS7, MCS8, MCS9 разные блоки данных «накладываются» друг на друга, поэтому при сбое в одной из групп повторной пересылке подлежит лишь половина пакетов.

Если по каким-то причинам пакет, отправленный с использованием «старших» схем кодирования, не был корректно принят, EGPRS позволяет его ретранслировать заново с использованием «пониженной» кодировочной схемы. В GPRS такой возможности, названной «ресегментацией» (resegmentation), предусмотрено не было: некорректно принятый пакет отправляется вновь по той же модуляционно-кодировочной схеме, что и в предыдущий раз.

Также в сетях EDGE применяется новая технология под названием «инкрементальная избыточность», за счёт которой вместо повторной отсылки повреждённых пакетов отправляется дополнительная избыточная информация, что в конечном счёте увеличивает возможность правильного декодирования повреждённого пакета. Новый тип модуляции, как мы уже говорили, действует только на участке «базовая станция ↔ пользователь», поэтому от оператора внедрение EDGE потребует замены оборудования и/или программного обеспечения только на базовых станциях. Плюс, если не хватает скорости каналов для передачи данных от базовых станций к контроллерам и далее, к коммутатору, необходимо увеличить и их пропускную способность. Когда оператор утверждает, что «скорость выше, а цена та же», это, скорее, рекламная уловка – отследить, каким образом общается телефон абонента с базовой станцией, по GPRS

или EDGE, крайне затруднительно и потребует несоизмеримых капитальных вложений, так что легче просто тарифицировать EDGE как GPRS.

Окно адресации: прежде чем последовательность кодированных пакетов может быть передана по радиочастотному интерфейсу, передатчик присваивает пакетам идентификационный номер, включенный в заголовок каждого пакета. Номера пакетов в GPRS составляют от 1 до 128. После того, как последовательность пакетов (например, 10 штук) отправлена адресату, передатчик ждет от приемника подтверждения того, что они были приняты. В отчете, который приемник отправляет обратно передатчику, содержатся номера пакетов, которые были успешно декодированы, и которые получатель декодировать не смог. Важный нюанс: номера пакетов принимают значения от 1 до 128, а ширина адресного окна — всего 64, вследствие чего вновь передаваемый пакет может получить такой же номер, как в предыдущем фрейме. В этом случае протокол вынужден повторно отправлять весь текущий фрейм, что отрицательно сказывается на скорости передачи данных в целом. Для снижения риска возникновения такой ситуации в EGPRS номер пакета может принимать значения от 1 до 2048, а адресное окно увеличено до 1024.

Для обеспечения корректного функционирования технологии GPRS в среде GSM приходится постоянно измерять радиоусловия: уровень сигнал/шум в канале, частоту появления ошибок и т. п. Эти измерения никак не сказываются на качестве голосовой связи, где достаточно постоянно использовать одну и ту же кодировочную схему. При передаче данных в GPRS измерение радиоусловий возможно лишь в паузах — дважды за период 240 мс. Для того, чтобы не ждать каждые 120 мс, EGPRS определяет такой параметр, как вероятность возникновения ошибки на бит (**BER** – bit error probability), в каждом фрейме. На величину BER влияет как отношение сигнал/шум, так и временная дисперсия сигнала и скорость перемещения терминала. Изменение BER от фрейма к фрейму позволяет оценить скорость терминала и «дрожание» частоты, но для более точной оценки используется среднее значение вероятности ошибки на бит на каждые

четыре фрейма и его выборочное стандартное отклонение. Благодаря этому, EGPRS быстрее реагирует на изменения условий: увеличивает скорость передачи данных при снижении BER и наоборот.

Чтобы воспользоваться EDGE необходимо использовать мобильник с поддержкой EDGE – это почти все новые модели Nokia, большинство трубок Motorola и Samsung.

Основное применение EDGE – это высокоскоростной доступ в Интернет, организация мобильного офиса – незаменимая вещь для деловых людей. А также, такие возможности как: обмен в реальном масштабе времени картинками, фотографиями и другой информацией посредством того же Интернет, просмотр потокового видео, Интернет-радио, просмотр изображений с web-камер, пересылка факсов, почты и др.

Ещё одно преимущество EDGE – поддержка мобильного телевидения. Если смотреть передачи, адаптированные для телефона, через GPRS, то картинка будет ощутимо подтормаживать, напоминая слайд-шоу. При EDGE вещание происходит практически без "тормозов", обеспечивая весьма неплохое качество.

А вот полноценно реализовать услугу "Видео звонок" не получится: передача данных, так же, как и в сетях GPRS, асимметрична, т.е. скорость к пользователю больше, чем скорость от пользователя. "Узким местом" здесь является скорость "вверх" (на практике около 30 – 35 кбит/с), не позволяющая передавать видео с достаточной скоростью. Поэтому внедрение сетей 3G всё же необходимо для тех операторов, которые планируют предоставление услуг, основанных на потоковом видео.

Применение EDGE позволяет повысить эффективность некоторых существующих услуг - Интернет, WAP и MMS, и пользоваться рядом новых услуг: "Online TV", игры "Online", и другие услуги, которые нуждаются в высокой скорости передачи данных. Технология EDGE, реализованная в сети UMC, позволяет поддерживать скорость передачи данных на уровне 100 – 120 кбит/с с пиковым значением до 230 кбит/с.

6. Цифровые ССПР JDC

Системы JDC или PDC (рис. 6.1) – это японский аналог ССПР D-AMPS [2, 3].

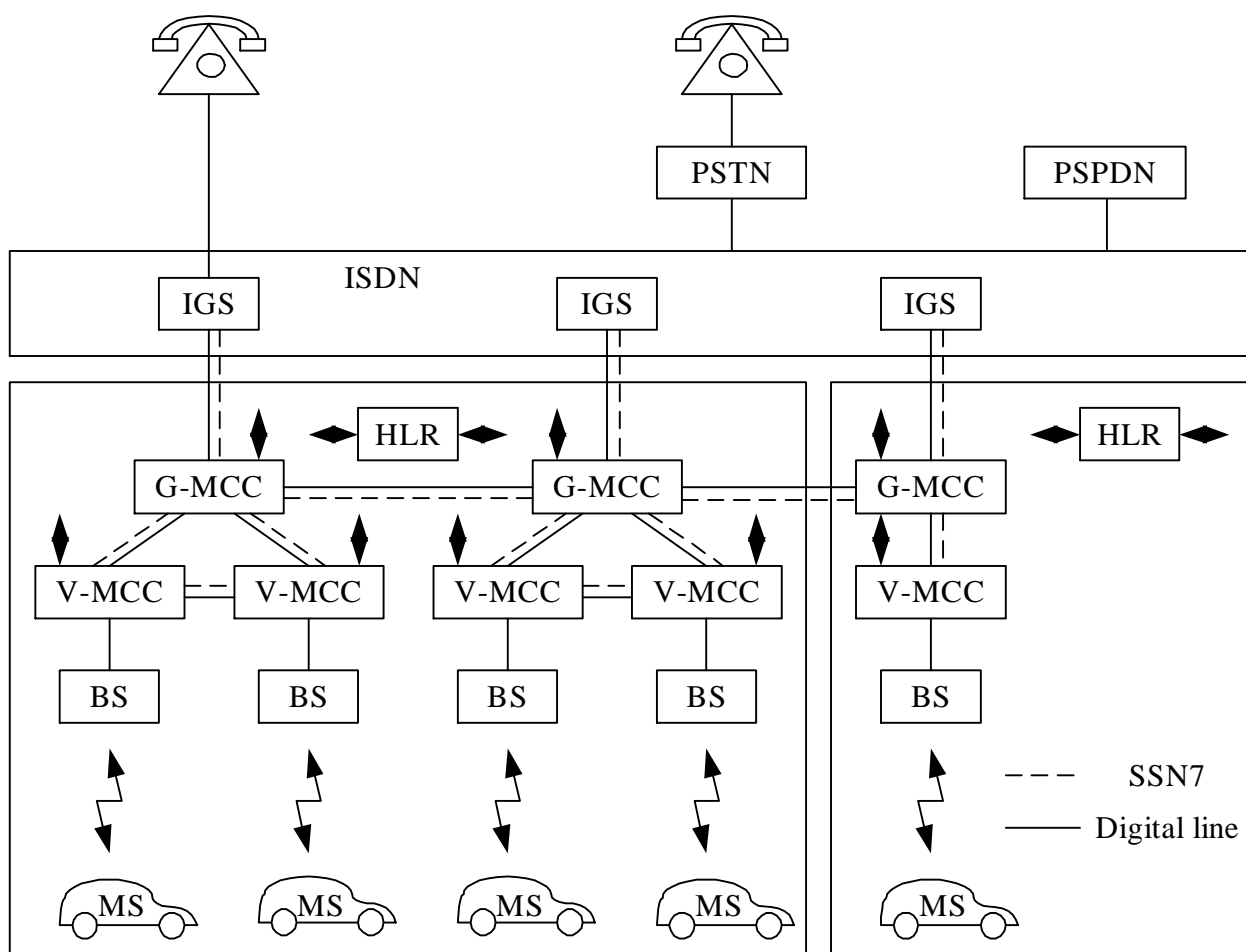


Рис. 6.1

В состав JDC входят три основных функциональных элемента: станция управления подвижной связью MCC (Mobile Communications Control Station), базовые BS и подвижные MS станции.

MCC является аналогом MSC в GSM и включает в себя подсистему управления связью подвижных абонентов и соединения с абонентами фиксированной телефонной сети (G-MCC), подсистему контроля перемещения абонентов (V-MCC), которая обеспечивает регистрацию местоположения абонентов и соединение вызовов, а также регистр положения (HLR), осуществляющий идентификацию подвижных абонентов и регистрацию зоны связи. Между MCC и основными ее

элементами используется система сигнализации SS №7.

Передача сообщений и управление связью осуществляются так же, как и в GSM, по каналам связи TCH и управления CCH, которые формируются, передаются на радиоинтерфейс и передаются в физических каналах.

Физический канал в JDC формируется в одном из трех временных окон TDMA-кадра. Структура временного окна в системе JDC показана на рис. 6.2, где R – флаг; P – преамбула; SW – синхрослово; CC – приоритет; SF – промежуточный флаг; G – защитный интервал.

Up ward

R	P	TCH (FACCH) 112	SW 20	CC 8	SF 1	SACCH 15	TCH (FACCH) 112	G 6
---	---	-----------------------	----------	---------	---------	-------------	-----------------------	--------

Down ward

R	P	TCH (FACCH) 112	SW 20	CC 8	SF 1	SACCH 21	TCH (FACCH) 112
---	---	-----------------------	----------	---------	---------	-------------	-----------------------

Рис. 6.2

ССПР стандарта JDC обеспечивают:

- взаимодействие абонентов (терминалов) с фиксированными сетями связи (ГАТС, сетями пакетной связи и др.);
- взаимодействие подвижных абонентов (терминалов) с абонентами различных сотовых сетей;
- возможность шифрования передаваемых сообщений.

Основные технические показатели ССПР стандарта JDC схожи с показателями ССПР стандарта AMPS и отличаются принятым в Японии 1400 МГц диапазоном. Кроме этого в JDC используются методика пространственного разноса каналов, канал управления “вверх” и “вниз” и другие особенности аналоговых ССПР AMPS.

7. ССПР CDMA-2000 и WCDMA

Принципы функционирования средств связи с доступом CDMA и оборудование системы Cdma-one рассмотрено при изучении СБАД.

ССПР CDMA-2000 и WCDMA являются очередным шагом эволюции систем стандарта CDMA и ССПР поколения 3G.

Основные отличия ССПР CDMA-2000 от СБАД Cdma-one следующие:

- в них реализована сотовая территориальная организация с большим количеством базовых станций и полным перекрытием больших регионов;

- используется более высокочастотный диапазон частот 1850 – 1910 МГц для линии “вверх” и 1930 – 1990 МГц для линии “вниз” с частотным дуплексом FDD с дуплексным разносом 80 МГц;

- для увеличения скорости передачи данных более 1 Мбит/с в них расширен спектр сигналов от 1,25 МГц до 3,75 МГц двумя способами: традиционным DSSS с применением более высокочастотных ПСП и многочастотным, когда используются одновременно три полосы по 1,25 МГц на трех поднесущих;

- некогерентный вариант линии “вверх” от АС к БС заменен на когерентный, для чего организован обратный канал управления, позволяющий БС отслеживать частоту и фазу несущих каждой обслуживаемой АС;

- вместо бинарной ФМ в линии “вниз” от БС к АС для передачи данных используется КФМ;

- длина посылки удваивается до 128, следовательно, объем ансамбля канализирующих ортогональных кодов Уолша и абонентская емкость становятся вдвое большими;

- в добавлении к действующему служебному каналу линии “вниз” предусматриваются вспомогательные каналы управления диаграммой направленности антенны АС для осуществления пространственной селекции БС;

- повышена помехоустойчивость радиолиний системы при высокоскоростной передаче сигналов за счет применения турбо-кодов

кроме сверточных.

В WCDMA (UMTS) кроме рассмотренных выше имеются следующие дополнительные отличия от СБАД Cdma-one:

- наряду с тем, что в стандартной реализации WCDMA используется частотный дуплекс FDD с дуплексным разносом 190 МГц, в модификации TD/CDMA применяется временной дуплекс TDD;

- диапазон рабочих частот стандартных ССПР WCDMA 1920...1980 МГц для линии “вверх” и 2110...2170 МГц для линии “вниз”;

- диапазон рабочих частот ССПР TD/CDMA 1900...1920 МГц и 2010...2025 МГц;

- диапазон рабочих частот ССПР WCDMA, предназначенных для связи с космическим сегментом (Mobile Satellite Service – MSS), 1980...2100 МГц для линии “вверх” и 2170...2200 МГц для линии “вниз”;

- расширен спектр сигналов от 1,25 МГц до 5 МГц, за счет чего обеспечиваются скорости передачи данных до 2000, 384 и 144 кбит/с для подвижных абонентов со скоростями перемещения до 10, 120 и 500 км/ч, соответственно.

Указанные выше отличия касаются:

- протоколов функционирования ССПР и, следовательно, алгоритмов и программного обеспечения их контроллеров и баз данных;

- частотных и скоростных показателей физических каналов ССПР и, следовательно, оборудования базовых и абонентских станций.

Поэтому структура ССПР WCDMA практически ничем не отличается от структуры ССПР стандарта GSM со средствами поддержки пакетных протоколов GPRS и EDGE. На рис. 8.1 показана структура совмещенных ССПР GSM +WCDMA, поставляемых фирмой Ericsson. На рисунке имеются следующие изменения наименований узлов: UE – абонентское оборудование, AN – сеть доступа, CN – центральная сеть, RNS – система радиосети UMTS, RNC – контроллер радиосети UMTS, USIM – идентификационный модуль сети UMTS. На рис.8.1 показаны также интерфейсы ССПР WCDMA: Um, Un, A, Iu и др.

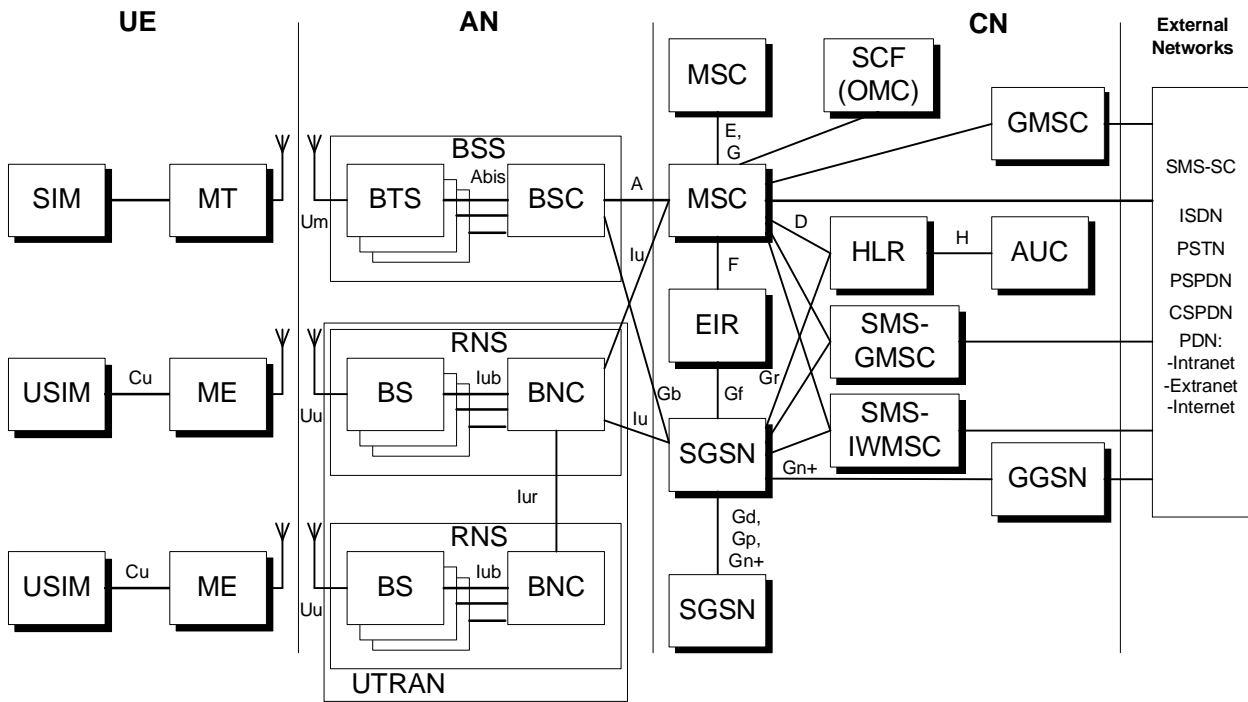


Рис. 8.1

В качестве абонентских станций в WCDMA используются не мобильные терминалы как в GSM, а мобильное оборудование, т.е. смартфоны, ноутбуки и т.п.

8. Классификация ПСПР

Профессиональные системы подвижной радиосвязи (ПСПР) называют также транкинговыми, транковыми, корпоративными и ведомственными радиосистемами. К основным их особенностям можно отнести следующее:

- они не являются системами общего пользования, а системами для обслуживания определенного круга абонентов;

- структура, состав, принципы работы, стоимость и сложность предельно разнообразны настолько, что такие системы закрывают весь параметрический ряд радиосистем от децентрализованных систем на несколько абонентов до СБАД, МСБТ и ССПР на сотни тысяч и более абонентов;

- услуги таких систем в отличие от систем общего пользования являются заказными и могут быть совершенно нестандартными, например, сигнал аварии АЭС или радиостанция скрытого ношения;

- ПСПР, как правило, имеют имена, например, SmarTrunk II, Startsite и др.

Многообразие действующих транкинговых систем показано на рис. 8.1.

Особенности классификационной структуры (см. рис. 8.1) следующие.

На рис. 8.1 приведены не все стандарты и протоколы существующих ПСПР. Так, например, известны много систем с различными названиями, базирующихся на протоколах SmarTrunk II, в частности, AL-Trunk, VX-Trunk, Info-Trunk и др. Не показаны также отечественные ПСПР “Алтай”, “Валдай”, “Колос” и др.

Аналоговые системы фирмы Motorola (Startsite, Smartnet, Smartzone), образующие отдельное семейство, являются системами одного и того же производителя и стандарта, но различаются по сложности и набору предоставляемых услуг.

Вместе с тем, системы стандарта MPT 1327 от разных фирм-производителей, например, Fylde, Zetron, TaitNet и др. имеют заметные структурные, функциональные отличия и протоколы.

Не показаны все системы открытого протокола LTR, заслуживающие внимания и унаследовавшие его основные принципы, например, ПСПР Fast. В противоположность им системы фирмы Motorola имеют закрытые стандарты.

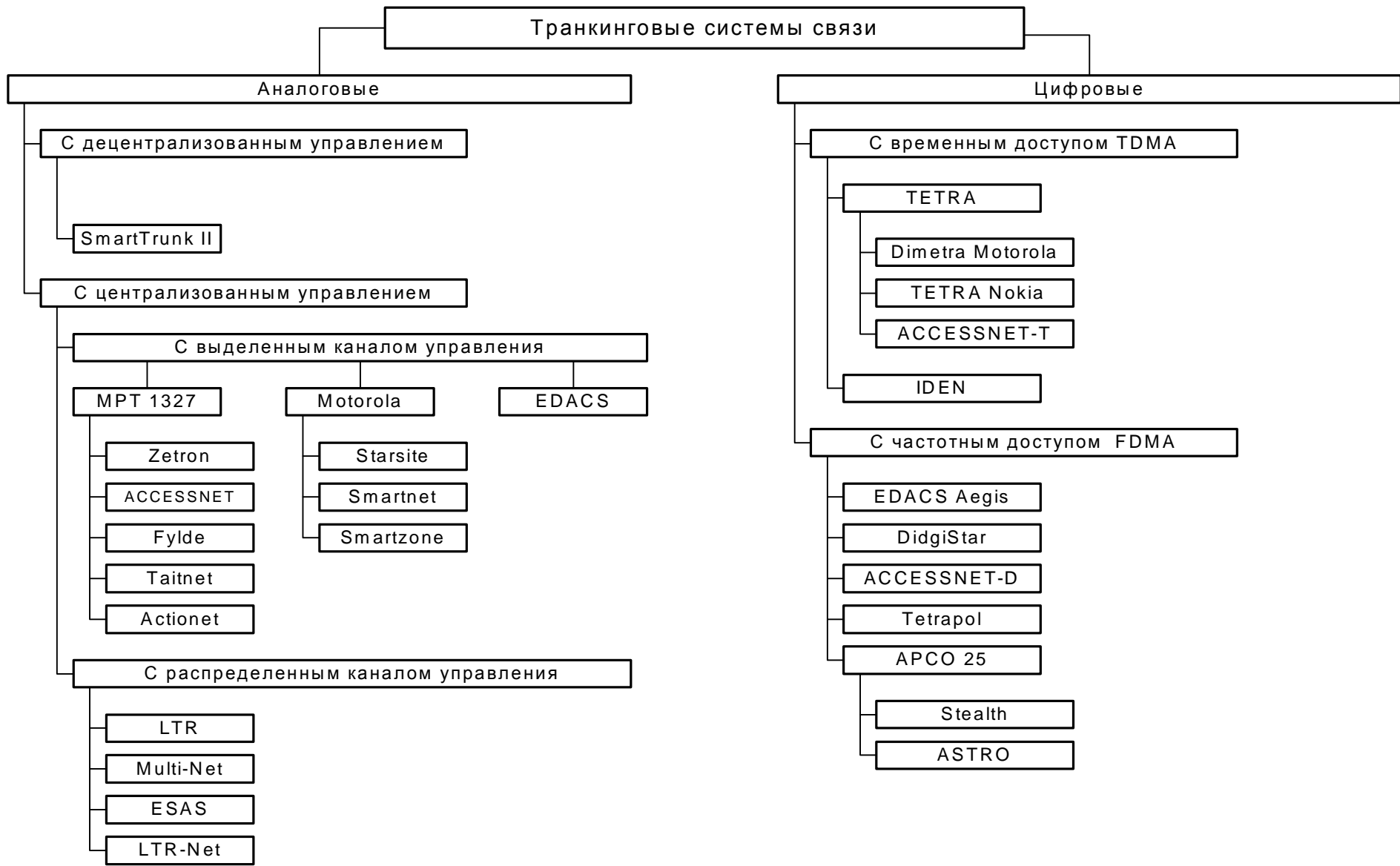


Рис. 8.1

Существуют системы разных классов, стандартов и сложности, но одного и того же производителя, например, ПСПР AccessNet (-D, -T) фирмы Rohde & Schwarz (Германия).

На рис. 8.1 показаны системы от самых маленьких, например, SmarTrunk II до самых сложных, например, цифровых систем с частотным разделением стандартов EDACS, APCO 25 и Tetrapol PAS.

Транкинговые системы при своем универсализме занимают вполне определенную нишу на рынке систем подвижной связи. Это отчетливо заметно при сопоставлении параметров различных типов систем, доминирующих на рынке (табл. 8. 1).

Таблица 8.1

Вид системы связи	Децентрализованная	Транкинговая	Сотовая
Возможная конфигурация	Однозоновая	Однозоновая или многозоновая	Многозоновая
Радиус зоны, км	20 - 80	5 - 80	0,3 - 10
Возможные типы вызовов	Групповой	Групповой или индивидуальный	Индивидуальный
Метод посылки вызова	Нажатие на кнопку "Передача"	Нажатие на кнопку "Передача" или набор номера	Набор номера
Режим радиосвязи	Полудуплекс	Полудуплекс или дуплекс	Дуплекс
Внутрисистемный трафик	100%	50% - 95%	3% - 15%
Возможность роуминга	Отсутствует	Имеется в больших ПСПР	Имеется
Режим эстафетной передачи каналов	Отсутствует	Жесткий или мягкий	Мягкий
Среднее число абонентов на канал	до 30	50-100	до 30

В децентрализованных системах возможен только один тип вызова – групповой. Транкинговые системы, как уже было показано в предыдущем разделе, предусматривают обслуживание групповых и индивидуальных вызовов, а также множества их разновидностей.

Наиболее удобным способом посылки группового вызова является нажатие на кнопку "Передача". Для обычных систем этот способ является также и единственным. В транкинговых системах нажатие на кнопку "Передача" приводит к запуску процедуры установления соединения с базовой станцией (БС), в ходе которой устройству управления БС сообщается идентификатор вызываемой

группы. БС назначает канал связи и уведомляет об этом как радиостанцию вызывающего абонента, так и радиостанции остальных абонентов группы. После этого радиостанция вызывающего абонента переходит в режим передачи речи на назначенном канале.

В то время как доля внутрисистемного трафика в сотовых системах всегда незначительна и лишь в исключительных случаях поднимается до уровня в 15%, для транкинговых систем этот показатель сильно различается от одной сети к другой. Если транкинговая система используется преимущественно в целях корпоративной и ведомственной связи, а право доступа к ТФОП предоставлено лишь отдельным абонентам, внутрисистемный трафик может достигать 95%, и проблема перегрузки интерфейса ТФОП не будет доставлять хлопот оператору.

Роуминг используется как в сотовых, так и в транкинговых системах, но его реализации существенно различаются. Если в сотовых системах изначально закладывалась возможность организации глобальных сетей с автоматическим роумингом, то среди аналоговых транкинговых систем этой возможностью обладают лишь наиболее развитые: ACTIONET (Nokia), ACCESSNET (Rohde & Schwarz) или Smartzone (Motorola). При этом, как было сказано выше, аналоговые транкинговые системы не обеспечивают непрерывности текущего сеанса связи при переключении зон обслуживания (эстафетной передачи). Лишь в современных стандартах цифровой транкинговой связи TETRA и TetraPol PAS обеспечивается как возможность межсистемного роуминга, так и поддержка эстафетной передачи абонента от одной базовой станции к другой.

Среднее число абонентов на канал является важнейшей интегральной характеристикой любой системы подвижной связи. Как видно из табл. 8.1, транкинговые системы в этом отношении являются наиболее эффективными, позволяя обслужить одно и то же количество абонентов меньшим числом ретрансляторов, т.е. с помощью менее дорогой инфраструктуры.

Несмотря на то, что характер нагрузки в обычных и транкинговых системах почти совпадает, отсутствие механизма автоматического доступа к свободному каналу у первых ограничивает число абонентов, использующих один и тот же частотный канал, приблизительно до 30. Кроме того, использование статусных сообщений в транкинговых системах позволяет значительно уменьшить время, поглощаемое тривиальными переговорами - "все в порядке", "вас понял" и т.д.

Таким образом, автоматическая обработка вызовов позволяет достичь в транкинговых системах показателей нагрузки до 100 абонентов на канал. Что касается сотовых систем, невысокое значение этого параметра объясняется высоким уровнем трафика, создаваемым абонентами при телефонных переговорах.

У ПСПР более широкая номенклатура, их гораздо больше по количеству, чем ССПР, но каждая из них обслуживает намного меньшее количество абонентов.

9. ПСПР “Алтай”

Белорусская ПСПР “Алтай-3М” (рис. 9.1) представляет собой аналоговую радиальную систему с централизованным управлением и коммутацией.

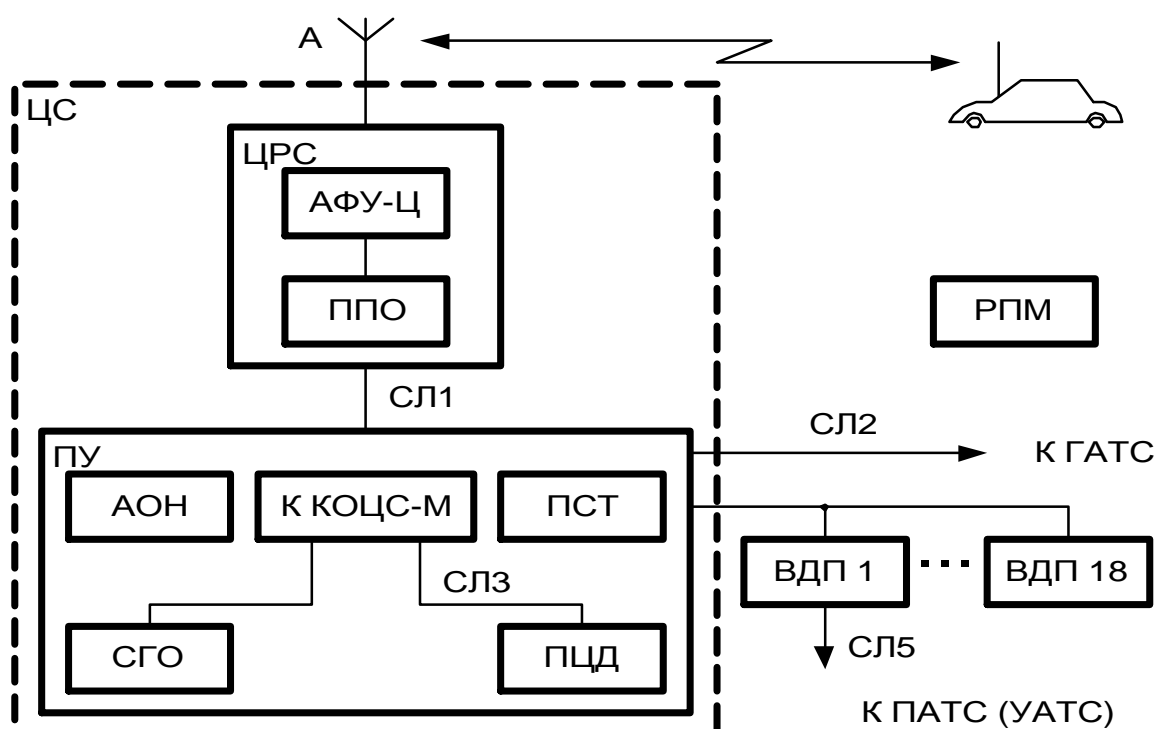


Рис. 9.1

Система “Алтай-3М” [4] состоит из центральной станции (ЦС), ведомственных диспетчерских пунктов (ВДП), абонентских радиостанций (АС), ремонтно-профилактической мастерской (РПМ), соединительных линий (СЛ).

Центральная станция (ЦС) состоит из центральной радиостанции (ЦРС), в состав которой входит приемопередающее оборудование (ППО) и антенно-фидерное устройство (АФУ-Ц), пункта управления (ПУ), состоящего из комплекта коммутационного оборудования (ККОЦС-М), стativa генераторного оборудования (СГО), пульта центрального диспетчера (ПЦД), пульта сигнализации дежурного техника (ПСТ) и аппаратуры опознавания номера (АОН). ЦРС и ПУ связаны между собой соединительной линией СЛ1, между ККОЦС-М и ПЦД используется соединительная линия СЛ3.

С городской АТС (ГАТС) ПУ связана соединительной линией СЛ2. К ПУ через соединительные линии СЛ4 может быть подключено до 18 ВДП. Предусмотрено подключение различных вариантов ВДП:

непосредственное подключение ВДП, подключение ВДП, который соединяется с производственной (ПАТС) или учрежденческой (УАТС) АТС, с подключением к ВДП нескольких прямых абонентов и т. д.

В РПМ осуществляется периодическая проверка и ремонт абонентских радиостанций.

Связь в диапазоне частот 301,1375 – 305,8125 (линии “вверх”) и 337,1375 – 341,8125 МГц (линии “вниз”) в дуплексном режиме с разносом частот 36 МГц. Весь диапазон частот разбит на 22 участка (ствола) по восемь радиоканалов в каждом. Разнос частот между радиоканалами 25 кГц. Входящие в ствол радиоканалы равнодоступны. Таким образом “Алтай-3М” – ПСПР с доступом FDMA.

За каждым подвижным абонентом ствола закрепляется индивидуальный избирательный вызов. Число избирательных (индивидуальных) вызовов в стволе – 989, циркулярных (групповых) – 10, избирательных номеров ведомственных диспетчеров – 18. Каждый ствол автономен и имеет свою нумерацию абонентов, ВДП и циркулярных вызовов.

Система шумоподавления в радиоканалах – тональная (аналог CTCSS), с использованием 42 частот в диапазоне 1003 – 2397 Гц с разносом 34 Гц. Избирательный вызов абонентских станций состоит из комбинации трех тонов, передаваемых одновременно.

При вероятности отказа связи не более 20% число абонентов в стволе может составлять до 100 на один ствол или около 12 абонентов на один канал.

В каждом стволе ЦС обеспечиваются следующие виды связи:

– подвижного радиоабонента с ВДП при автоматическом установлении соединения набором двухзначного номера 11 – 19 и 21 – 29 с ВДП (ЦДП вызывается набором цифры 0);

– подвижного радиоабонента с любым абонентом городской или ведомственной телефонной сети при автоматическом установлении соединения набором номера индекса 8 после получения второго зуммера набором полного номера абонента телефонной сети;

– ВДП и ЦДП с подвижным радиоабонентом набором трехзначного номера этого абонента или набором трехзначного циркулярного номера группы радиоабонентов;

– любого абонента городской или ведомственной телефонной сети с подвижным радиоабонентом при автоматическом

установлении соединения набором номера АТС, закрепленного за этим радиоабонентом (в одном стволе не более 100);

– двух подвижных радиоабонентов одного ствола между собой при автоматическом установлении соединения набором однозначного индекса 9 и индивидуального трехзначного номера вызываемого радиоабонента;

– подвижного радиоабонента с абонентами ГАТС, междугородной телефонной станции, прямыми абонентами, другими подвижными радиоабонентами через ВДП или ЦДП при ручном установлении соединения;

– связь радиоабонента с дежурным техником осуществляется набором однозначного номера 3, 4, 5, 6, 7.

Антенно-фидерное устройство ЦР (рис. 9.2) предназначено для подключения и обеспечения одновременной работы восьми основных передатчиков, двух резервных передатчиков и приемников ствола на две приемопередающие антенны.

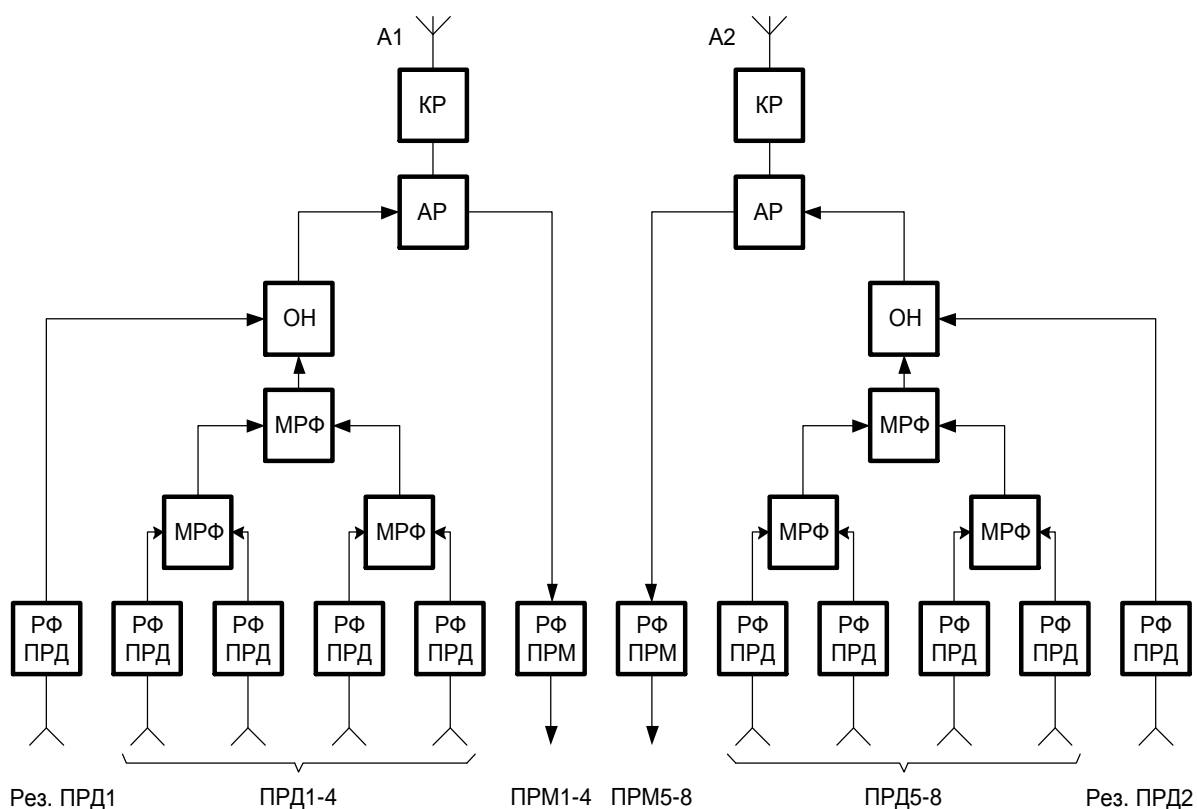


Рис. 9.2

Антенно-фидерное устройство состоит из следующих основных элементов: резонаторных фильтров передачи (РФ ПРД); резонаторных фильтров приема (РФ ПРМ), мостовых разделительных фильтров (МРФ), коробов распределительных (КР),

антенных разделителей (АР), вибраторов (А1,2), ответвителей направленных (ОН), главных фидеров.

РФ ПРД служит для уменьшения внеполосных излучений передатчиков соседних каналов.

РФ ПРМ предназначен для развязки входа приемника от выхода передатчика и уменьшения внеполосных помех.

МРФ необходим для обеспечения одновременной работы двух передатчиков с близкими частотами на одно выходное устройство. Таким устройством может быть: аналогичный МРФ (следующая ступень сложения), АР, ОН, антенна (А).

АР предназначен для обеспечения одновременной работы передатчиков и приемников на общую антенну. Он препятствует попаданию сигнала от передатчика на вход приемника (при этом принимаемый сигнал не попадает на выход передатчика).

КР служат для объединения элементов многовибраторной антенны при работе на один фидер и согласования их волновых сопротивлений, которое осуществляется ступенчатыми трансформаторами.

Вибратор А1,2 предназначены для излучения мощности передатчиков центральной станции и приема высокочастотной энергии от абонентских станций. Поляризация вертикальная.

ОН служит для подключения резервного передатчика к антенне взамен вышедшего из строя основного.

Антенны и АФУ зачастую стоят гораздо больше, чем радиостанции много канальных систем связи.

10. ПСПР “Колос”

ПСПР “Колос” (рис. 10.1) создавалась как упрощенный вариант системы “Алтай-3М” и была предназначена для обслуживания не многих ведомств, а одного хозяйства в сельской местности.

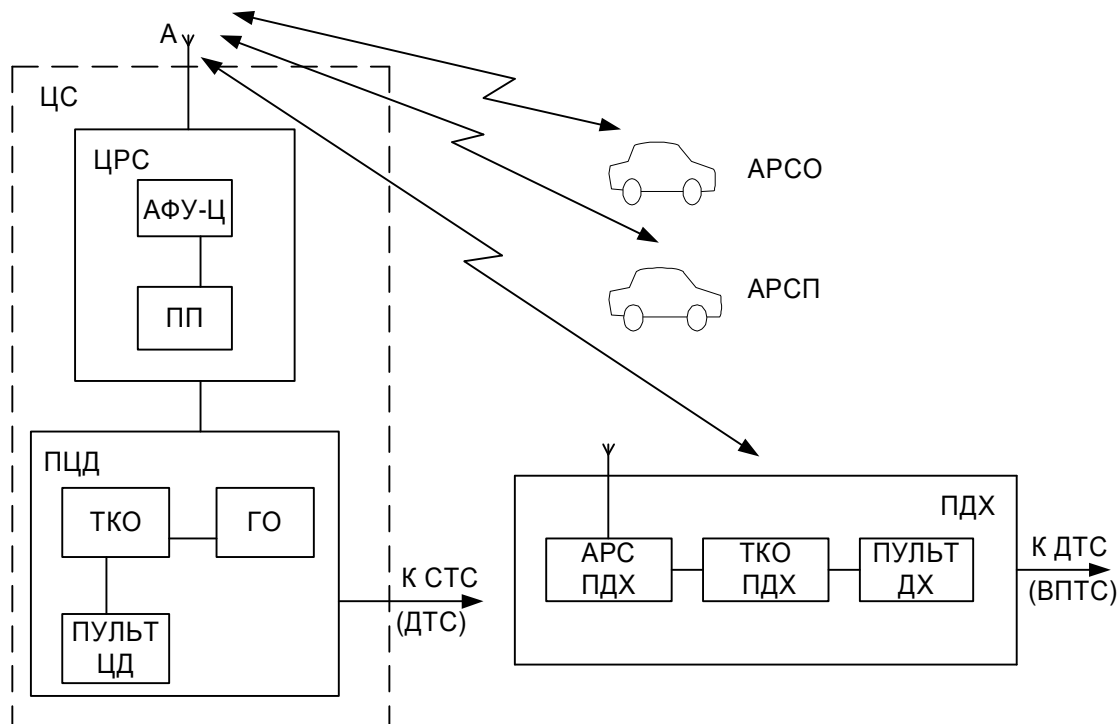


Рис. 10.1

Система “Колос” состоит из центральной станции (ЦС), пункта диспетчера хозяйства (ПДХ), абонентских радиостанций (АРСО и АРСП).

Центральная станция состоит из центральной радиостанции (ЦРС), в которую входят антенна (А), антенно-фидерное устройство (АФУ-Ц), приемопередатчик (ПП), и пункта центрального диспетчера (ПЦД), в который входят телефонно-коммутационное оборудование (ТКО), генераторное оборудование (ГО) и пульт центрального диспетчера (пульт ЦД). Радиоканалы ЦРС соединяются с ПЦД четырехпроводными соединительными линиями с затуханием не более 4,4 дБ.

Пункт диспетчера хозяйства (ПДХ) состоит из абонентской радиостанции (АРС ПДХ), телефонно-коммутационного оборудования (ТКО ПДХ) и пульта диспетчера хозяйства (пульт ДХ).

В системе “Колос” используется принцип равнодоступности каналов, которые распределены по четыре в каждом из 10 стволов в

диапазоне частот 307,0125 - 307,9875 и 343,0125 – 343,9875 МГц. Дуплексный разнос составляет 36 МГц. Разнос между каналами в стволе составляет: минимальный 25 кГц и максимальный 175 кГц. Каналы внутри ствола распределены так, чтобы исключить интермодуляционные помехи третьего порядка при одновременной работе всех передатчиков одного ствола.

Все соединения в системе устанавливает вручную центральный диспетчер (ЦД). Все свободные каналы маркируются для обеспечения работы режима автоматического поиска свободного канала (АПСК) абонентской радиостанции. Частота маркерного сигнала 2397 Гц. После занятия радиоканала маркерный сигнал снимается. В качестве сигнала отбоя радиоканалов используется сигнал с частотой 2363 Гц длительностью 3 с.

РА вызываются посылкой по радиоканалу одночастотного сигнала длительностью 3 с. Число вызывных частот – 40 (начиная с 1003 до 2329 Гц через 34 Гц). После подключения к каналу до ответа ЦД РА слышит сигнал контроля посылки вызова (КПВ) с частотой 425 Гц.

В системе могут работать абоненты: до 200 обычных (производственных), работающих на трех каналах, до 25 приоритетных (диспетчеров хозяйств), работающих на четырех каналах, до 10 приоритетных, работающих также на четырех каналах. Потери вызовов для приоритетных абонентов не превышают 8%.

Система позволяет осуществлять следующие соединения: РА – ПДХ, РА – РА, РА – абонент сельской телефонной сети (СТС); РА – абонент диспетчерской телефонной сети (ДТС) или абонент внутрипроизводственной телефонной сети (ВПТС) через ПДХ; абонент первого ствола — абонент второго ствола.

Все виды связи, кроме «РА – РА», осуществляются в дуплексном режиме. Связь между РА осуществляется в режиме полудуплекса, при этом радиоканал переводится центральным диспетчером в режим транзита соединением выхода приемника с входом передатчика. Центральный диспетчер может подключиться к любому соединению и участвовать в разговоре на правах третьего лица или прослушивать разговор абонентов. По истечении установленного времени 3 – 6 мин связь автоматически прекращается.

11. ПСПР SmarTrunk II

ПСПР с протоколом децентрализованного управления SmarTrunk были разработаны в 1992 году американской фирмой Selectone Corporation (ныне SmarTrunk Systems, Inc.). Технология SmarTrunk стала мировым стандартом для самых недорогих транкинговых систем.

С разрешения фирмы SmarTrunk Systems транкинговые системы с протоколом SmarTrunk могут поставляться и под другими названиями: AL-Trunk (фирма Alinco), VX-Trunk (фирма Yaesu / Vertex), SmarTrunk-R (фирма РКК, Москва) или InforTrunk (фирма "Информационная индустрия", Москва).

Структурная схема базового оборудования 4-канальной системы SmarTrunk II с контроллерами ST-853 и двумя антеннами для приема и передачи приведена на рис. 11.1.

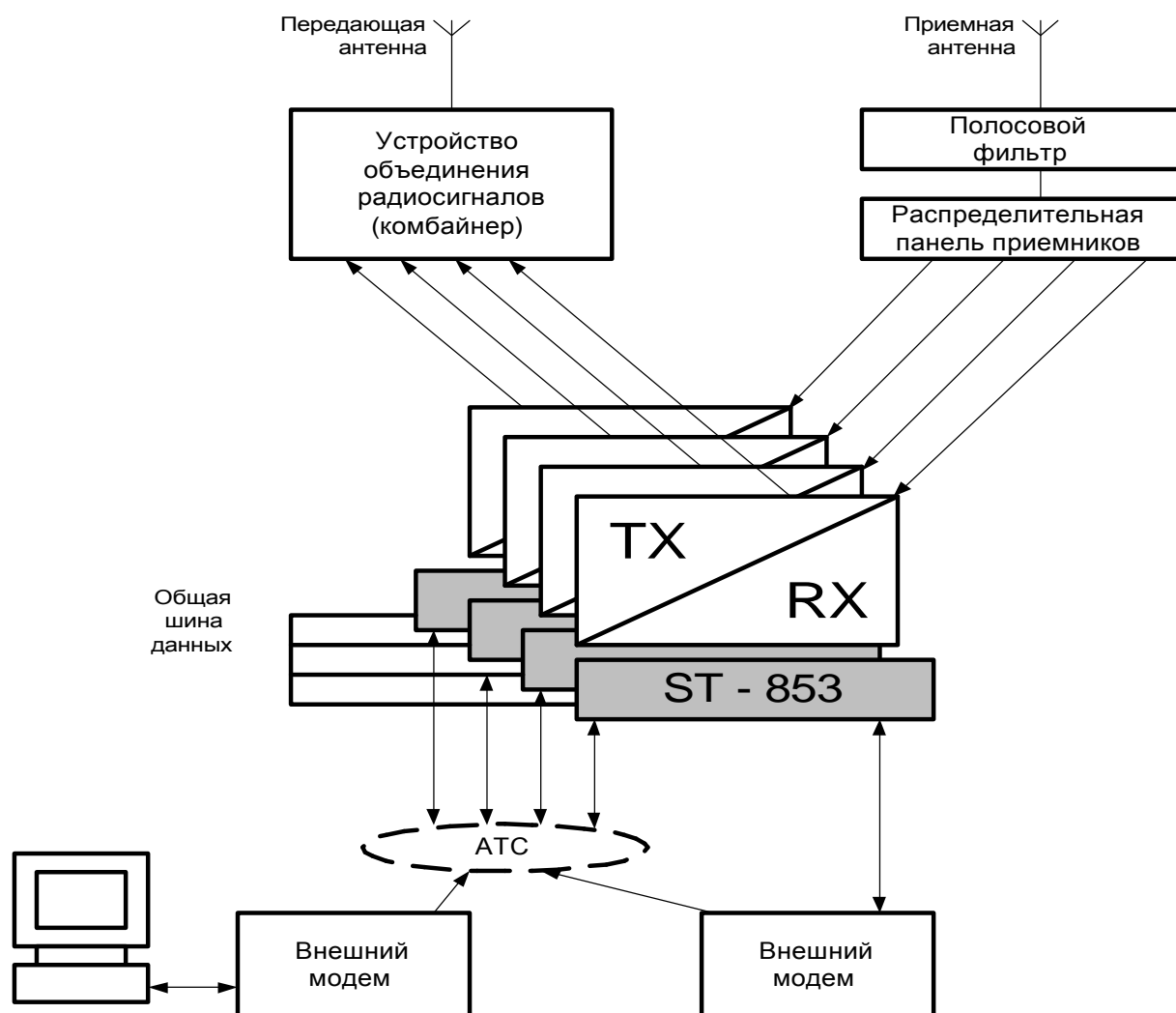


Рис. 11.1

В ПСПР нет системного коммутатора, поэтому эта ПСПР с распределенной коммутацией, в ней в качестве коммутатора используется АТС.

Состав. Центральным элементом системы SmartTrunk является транкинговый контроллер ST-853, подключенный к ретранслятору рабочего канала. Он отвечает за загрузку своего канала, вырабатывает все управляющие сигналы, определяет, может ли радиоабонент пользоваться данным каналом, каковы его привилегии, в том числе по выходу в телефонную сеть.

Управляющий компьютер подключается к одному из контроллеров ST-853 базовой станции по стандартному стыку RS-232. Связь с остальными контроллерами той же базовой станции осуществляется без дополнительных переключений по общей шине данных.

Каждый транкинговый контроллер SmartTrunk содержит базы данных об абонентах транкинговой системы и о сеансах связи, имевших место на соответствующем рабочем канале.

База данных о сеансах связи через ретранслятор содержит добавочные номера и коды обратившихся абонентов, отметки о характере связи ("город-абонент", "абонент-город", "абонент-абонент"), дату, время и продолжительность сеанса связи. Содержимое базы данных о сеансах связи необходимо для учета абонентской платы и тарификации. На основании этих данных подготавливаются счета за пользование услугами связи.

В базе данных абонентов включают приоритеты пользования телефонными сетями, разрешения или запреты пользоваться линиями № 1 и № 2, запреты на набор определенных комбинаций цифр, например, запрет на набор первой цифры "8", т.е. запрещение междугородных звонков, и т.д.

Технические данные. ПСПС SmartTrunk II работают в диапазонах частот 146 – 174 МГц, 403 – 470 МГц и 33 – 48 МГц, 300 – 344 МГц (ПСПР "Алтай", "Колос"), а также в диапазоне 800 МГц (систем протоколов LTR).

Количество радиоканалов SmartTrunk определяется исходя из количества абонентов в системе и планируемого трафика. В составе одной системы может быть использовано от 2 до 16 дуплексных радиоканалов, что может обеспечить одновременное обслуживание от 50 до 1000 абонентов.

Для дополнительной защиты от помех и несанкционированного доступа в SmartTrunk может использоваться система шумоподавления

с тонально кодированными сигналами CTCSS (Continues Tone Coded Squelch System).

Система SmarTrunk позволяет организовать радиосвязь между подвижными абонентами и связь между подвижными абонентами и абонентами ГАТС или УАТС.

В SmarTrunk могут быть организованы несколько типов вызовов: индивидуальный, групповой, общесистемный, а также экстренный.

ПСПР SmarTrunk II обеспечивают до 100 уровней приоритета абонентов, причем высокоприоритетным абонентам рабочие каналы предоставляются по первому требованию.

Каждый контроллер допускает подключение к нему до двух абонентских телефонных линий. Обычно один из выходов контроллера подключается к городской АТС, а второй – к местной АТС, РРЛ или к спутниковой линии связи и т.д.

Организация связи. При необходимости вызвать какого-либо из радиоабонентов или выйти в городскую телефонную сеть нужно набрать на клавиатуре номер радиоабонента или телефонный номер, а также маршрутный код типа вызова (два символа). Для связи со своей группой достаточно нажать на тангенту. Абонентская радиостанция последовательно сканирует доступные радиоканалы и, найдя свободную частоту, обеспечивает связь с ретранслятором базовой станции. Сразу же после этого производится набор городского телефонного номера или излучается в эфир добавочный номер подвижного абонента.

Абонентская радиостанция последовательно просматривает (сканирует) все работающие радиоканалы в поисках вызывного сигнала. При обнаружении своего вызывного кода она прекращает сканирование и подает звуковой сигнал, оповещая владельца о поступлении вызова. После этого начинается диалог между абонентами.

Чтобы позвонить подвижному абоненту с городского телефона, надо набрать телефонный номер одного из ретрансляторов системы и после звукового сигнала соединения набрать добавочный номер нужного абонента в тональном режиме. После ответа можно вести обычный телефонный разговор.

ПСПР SmarTrunk II является системой с децентрализованным управлением, с распределенной коммутации через АТС, с распределенным каналом управления.

Российская фирма "Информационная индустрия" доработала систему SmarTrunk II в многозоновую систему InforTrunk (рис. 11.2) с

централизованной коммутацией, но она осталась системой с децентрализованным управлением.

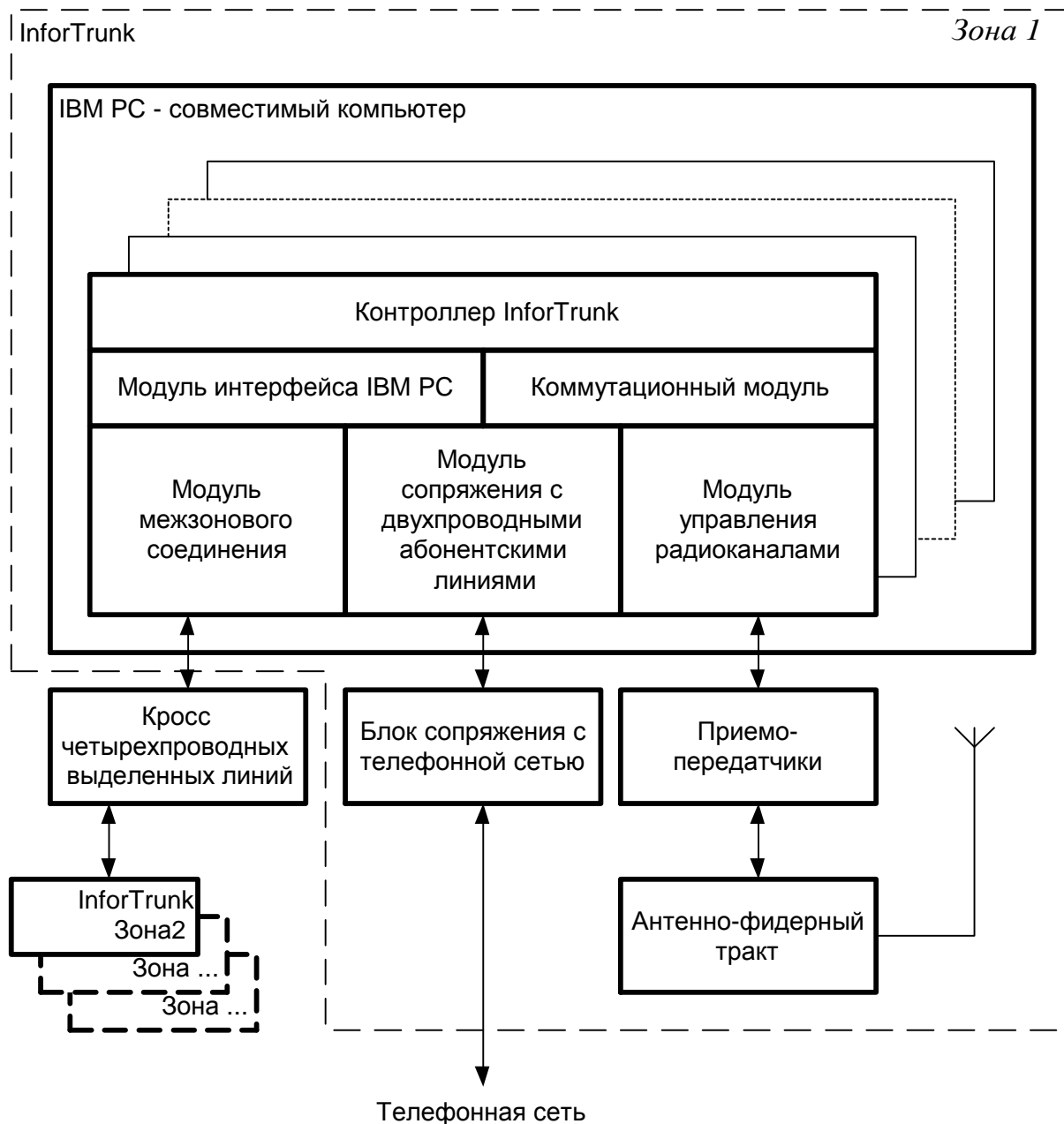


Рис. 11.2

Контроллеры InforTrunk выполнены в виде карт, устанавливаемых в слоты материнской платы ПК. Централизованный коммутатор находится на карте контроллера. Зональные контроллеры связаны между собой выделенными линиями с модемами.

12. ПСПР компании Motorola

В системах "Старсайт", "Смарнет", "Смартзон" с централизованным управлением и коммутацией компания Motorola реализовала свой закрытый стандарт транкинговой связи.

Система "Старсайт"

Данную систему (рис. 12.1) можно рассматривать как базовую, которая при необходимости расширения зоны охвата или абонентской емкости может наращиваться.

Система может включать от 1 до 20 каналов в одном сайте. Отличием данной системы от остальных систем семейства "Смарнет" является возможность работы как в режиме с выделенным каналом управления, так и в режиме с временным использованием его в качестве разговорного канала, т.е. с распределенным каналом управления.

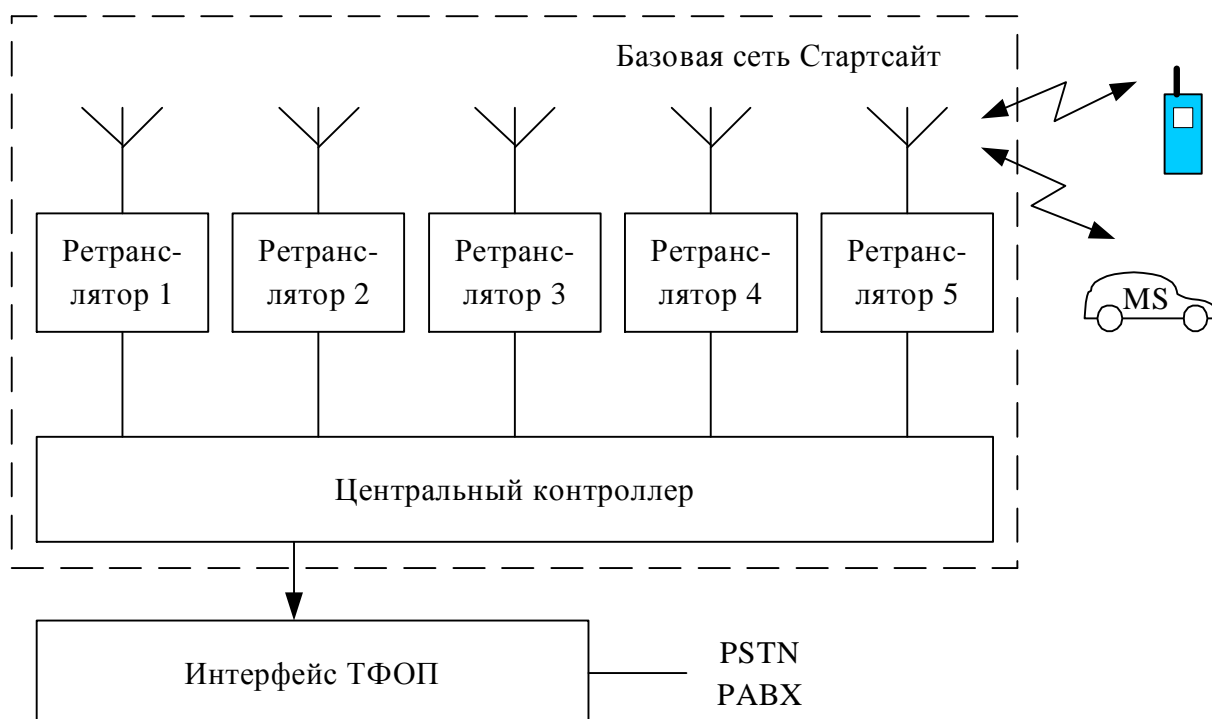


Рис. 12.1

Центральный контроллер, совмещенный с коммутатором, системы допускает ввод до 16000 идентификационных номеров, до 2048 групп и до 5 уровней приоритета.

В случае наращивания системы контроллер может использоваться как резервный в системе с большим числом каналов и как дистанционный для удаленных зон в многозонавой системе.

Обеспечиваются две возможности выхода в PABX или PSTN: через микропроцессорный блок, установленный в каждом ретрансляторе, или через интерфейс ТФОП. Микропроцессорный блок обеспечивает вызов только в направлении радиоабонент – АТС. Интерфейс ТФОП, установленный в одном корпусе с контроллером, обеспечивает до трех линий АТС и связь в обоих направлениях.

Система "Смарнет II+"

Система "Смарнет II+" (рис. 12.2) является двухзонавой, обеспечивает работу до 28 каналов в каждой зоне и допускает подключение к ТФОП до 24 линий.

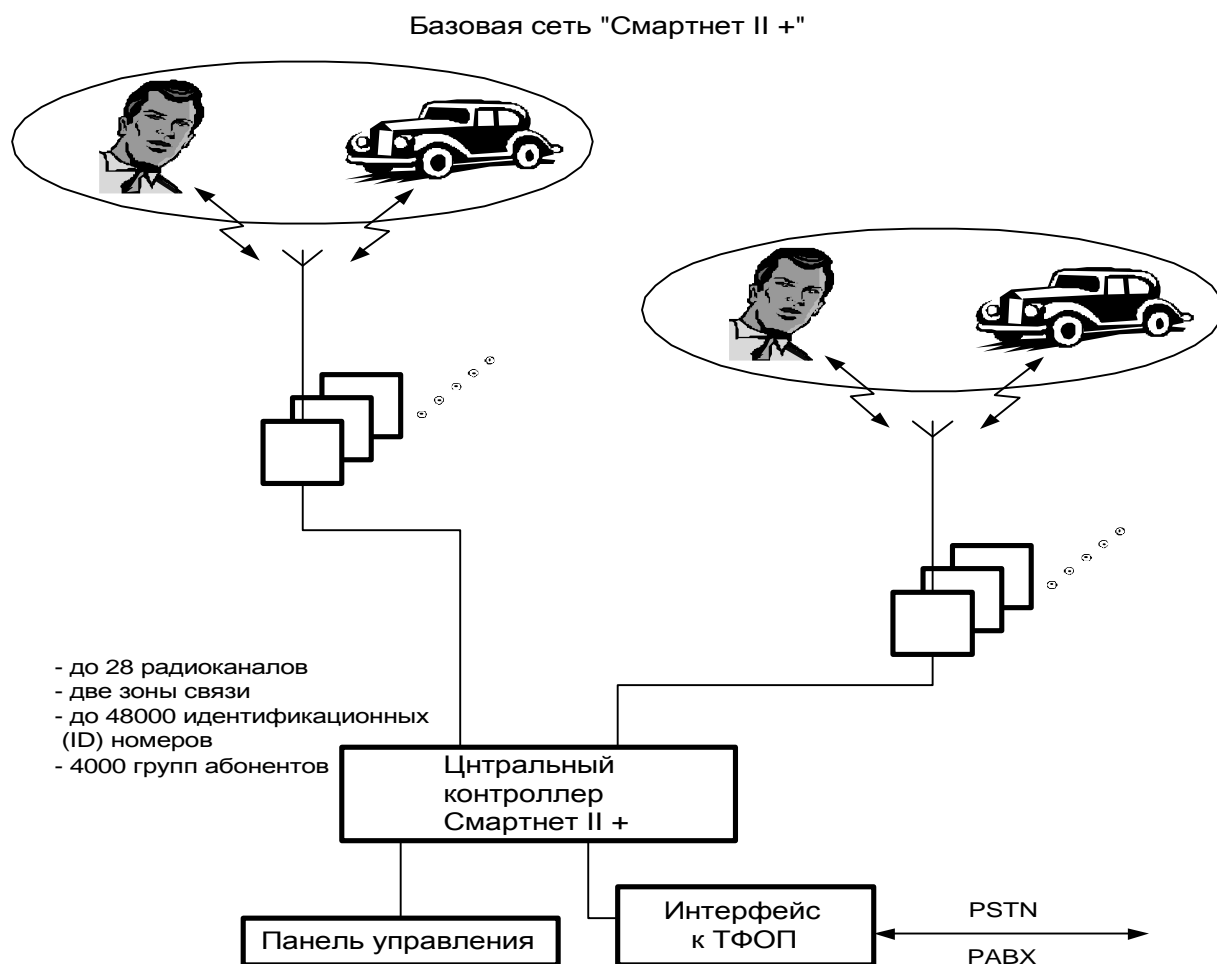


Рис. 12.2

В системе может быть зарегистрировано до 48000 идентификационных номеров с максимальным количеством групп до 4000, до 8 уровней приоритета.

Контролер типа "Смарнет II+" управляет доступом абонентов в систему. Контроллер соединен с управляющим компьютером, в памяти которого хранятся программы, позволяющие оператору управлять системой. К управляющему компьютеру может быть подключено до 10 терминалов (компьютеров со специальным программным обеспечением).

Система обеспечивает следующие возможности:

- связь радиоабонентов с абонентами АТС;
- управление операторами доступом абонентов в систему (добавление или исключение из базы данных отдельных радиостанций или групп, блокировка работы утерянных (украденных) радиостанций, оперативное перегруппирование абонентов в экстренных случаях);
- автоматическая постановка на очередь в случае занятости всех каналов;
- приоритет последнего пользователя: преимущественное право на предоставление канала абонентам в течение 10-секундной паузы после окончания сеанса связи;
- два варианта экстренного вызова: с прерыванием разговора абонентов с низшим уровнем приоритета или с постановкой на первое место в очереди.

Система "Смартзон".

Система обеспечивает обслуживание до 50 зон, в каждой из которых может использоваться до 28 каналов. Схема системы такая же, как и схема ПСПР "Смарнет II+", но содержит в главной зоне центральный контроллер типа "Смартзон".

Отличия системы "Смартзон" от рассмотренных выше систем следующие. Кроме имеющихся услуг дополнительно введен отдельный канал, который может быть предназначен для поискового вызова – пейджинга.

Все системы фирмы Motorola:

- имеют закрытое программное обеспечение;
- содержат аппаратуру промышленного исполнения (более надежную и механически прочную, но и более дорогую);
- работают с FDMA в стандартных диапазонах частот 150 и 450 МГц с шагом сетки 12,5 и 25 кГц и дуплексным разносом частот 5 – 40 МГц.

13. ПСПР стандарта LTR

13.1. Стандарт LTR

Стандарт LTR (Logic Trunked Radio) разработан американской фирмой E.F. Johnson в 1982 году. Системы стандарта LTR с распределенным каналом управления. Полосы частот каждого из каналов трафика разбиваются на два поддиапазона – до 300 Гц и выше 300 Гц. Полоса частот до 300 Гц используется для передачи потока данных логического канала управления (поднесущая частота – 150 Гц, скорость передачи данных – 300 бит/с, модуляция FSK). Диапазон от 300 Гц используется для передачи аналоговых речевых сигналов.

Таким образом, все частотные каналы транкинговых систем стандарта LTR используются для передачи трафика. Это решение позволяет, например, в случае двухканальной системы удвоить пропускную способность по сравнению с такой системой, использующей выделенный канал управления.

Стандарт LTR предусматривает наличие до 20 ретрансляторов в системе. В логический блок каждого ретранслятора может быть введено до 250 групповых идентификационных кодов. Стандарт LTR не различает групповых и индивидуальных адресов, поэтому для присвоения абоненту индивидуального кода необходимо создать группу, состоящую из одного абонента. Таким образом, полная адресная емкость двадцатиканальной системы LTR составляет 5000 (20×250) групп или абонентов.

Системы стандарта LTR могут работать в режиме транкинга передачи (канал на время одной передачи) или транкинга сообщений (канал на весь сеанс связи) в зависимости от типа проводимого сеанса связи. Во время связи между радиоабонентами используется транкинг передачи, а при связи с абонентами АТС – транкинг сообщений.

В стандарте LTR используется понятие опорного канала. Любой канал трафика может быть опорным для определенной совокупности радиостанций. И наоборот, каждой абонентской радиостанции обязательно должен быть назначен опорный канал. Таким образом, полный идентификатор в системе LTR состоит из двух частей – номера опорного канала и номера группы.

Все абонентские станции постоянно обрабатывают сообщения в канале управления, поступающие через их опорный ретранслятор. Служебные сообщения, поступающие по опорному каналу, информируют абонентскую станцию о том, к какому ретранслятору обращаться для очередного вызова (информация о текущем свободном ретрансляторе) или к какому ретранслятору обращаться для ответа на поступивший вызов.

Служебная информация в логическом канале управления передается в виде пакетов. Длина пакетов составляет 40 бит.

Протокол LTR предусматривает передачу в направлении от абонентской радиостанции к ретранслятору пакетов запроса на предоставление канала связи (REQ) и сообщения об окончании передачи (EOT).

Структура запроса REQ показана на рис. 13.1. Этот запрос посылается однократно перед предоставлением канала связи в процессе установления соединения.

Синхропоследовательность	Код зоны	Используемый ретранслятор	Опорный ретранслятор	Групповой номер вызываемой станции	Контрольный символ (31)	Биты проверки на четность
--------------------------	----------	---------------------------	----------------------	------------------------------------	-------------------------	---------------------------

Рис. 13.1

При установленном соединении такие запросы посылаются по логическому каналу управления непрерывно. Пакет запроса REQ содержит следующие поля:

1. **Синхропоследовательность** (9 бит). Два первых бита синхропоследовательности предназначены для включения приемного устройства. Остальные биты используются для определения начала служебного сообщения и для тактовой синхронизации.

2. **Код зоны** (1 бит). Может быть "0" или "1". Используется в многозоновых системах для предотвращения конфликтных ситуаций, когда станция, не относящаяся к данной зоне, находится в ее радиусе покрытия. Если контроллер вызываемого ретранслятора обнаружит код зоны, не совпадающий с заданным, то такая попытка соединения отвергается.

3. **Используемый ретранслятор** (5 бит). Номер ретранслятора, которому передается сообщение.

4. **Опорный ретранслятор** (5 бит). Номер опорного ретранслятора.

5. **Групповой идентификационный номер** (8 бит). Это ID вызываемой радиостанции.

6. **Контрольный символ** (5 бит). Здесь передается код выключения радиостанции после окончания передачи.

7. **Биты проверки на четность** (7 бит). Служебное сообщение проверяется на предмет ошибок. Если обнаруживаются ошибки, то сообщение игнорируется.

Структура сообщения EOT об окончании передачи показана на рис. 13.2.

Синхропоследовательность	Код зоны	Код завершения передачи (31)	Опорный ретранслятор	Групповой номер вызываемой станции	Контрольный символ (31)	Биты проверки на четность
--------------------------	----------	------------------------------	----------------------	------------------------------------	-------------------------	---------------------------

Рис. 13.2

Сообщение EOT посылается однократно, когда абонентская станция прекращает передачу (отпущена клавиша PTT).

В направлении от ретранслятора к абонентам протокол LTR предусматривает передачу следующих пакетов следующих типов: групповые вызовы (COL), сообщения о прекращении передачи (EOT), сообщения ожидания (IDLE).

Структура сообщения COL о групповом вызове показана на рис. 13.3.

Синхропоследовательность	Код зоны	Используемый ретранслятор	Опорный ретранслятор	Групповой номер вызываемой станции	Свободный ретранслятор	Биты проверки на четность
--------------------------	----------	---------------------------	----------------------	------------------------------------	------------------------	---------------------------

Рис. 13.3

Сообщения типа COL передаются непрерывно, пока ретранслятор обслуживает вызов. Назначение этих сообщений состоит в следующем:

1. Ответить на запрос абонента на соединение с ретранслятором;
2. Собрать вместе все станции с одинаковыми кодами зоны, опорным каналом и идентификационным номером и подключить их к ретранслятору вызываемой станции (поле 3);
3. Передать информацию о свободном ретрансляторе – содержимое поля 6 сообщения указывает станциям, какой ретранслятор свободен для вызова. Если в этом поле "00", то это означает, что все ретрансляторы заняты.

Структура сообщения EOT показана на рис. 13.4.

Синхропоследовательность	Код зоны	Код завершения передачи (31)	Опорный ретранслятор	Групповой номер вызываемой станции	Контрольный символ (31)	Биты проверки на четность
--------------------------	----------	------------------------------	----------------------	------------------------------------	-------------------------	---------------------------

Рис. 13.4

Сообщение типа EOT посылается ретранслятором однократно после того, как ретранслятор декодирует сообщение EOT от радиостанции. Все приемные станции заканчивают прием и возвращаются к своим опорным ретрансляторам.

Структура сообщения IDLE показана на рис. 13.5.

Синхропоследовательность	Код зоны	Номер ретранслятора	Номер ретранслятора	255	Номер ретранслятора	Биты проверки на четность
--------------------------	----------	---------------------	---------------------	-----	---------------------	---------------------------

Рис. 13.5

Сообщение IDLE посылается каждые 10 с, если ретранслятор не занят, чтобы сообщить абонентским станциям, только что прибывшим в зону действия ретранслятора, что их опорный ретранслятор свободен.

13.2. ПСПР FAST™ и ESAS™

Разработчик и производитель радиооборудования фирма UNIDEN American Corporation осуществила разработку собственной ПСПР стандарта LTR FAST™ и ESAS™.

Система ESAS является многозоновой с централизованным управлением и коммутацией. ESAS сохраняет преемственность и совместимость со всеми ПСПР протокола LTR. Это делает возможным плавный переход от нескольких разрозненных систем LTR к единой сети. Кроме того, при переходе от однозоновой к многозоновой конфигурации сети необходима лишь незначительная частичная замена оборудования без остановки системы.

Максимальное число зон в системе ESAS – 128, в каждой из них могут работать до 20 ретрансляторов ($250 \times 20 \times 128 = 640000$ абонентов или групп).

В системе ESAS существует ограничение на количество абонентов в группе. В зависимости от типа используемого группового вызова, максимальное число участников группы может составлять 50 или 200. Радиостанции ESAS могут принимать вызовы в нескольких группах любого типа. Максимальное число групп, в которые может входить радиостанция – 50. В системе возможен как транкинг сообщений, так и транкинг передачи. При обработке трафика используется приоритетное разграничение вызовов, в системе доступно 15 уровней приоритета.

Радиооборудование системы ESAS работает в диапазонах частот 806 – 825 / 851 – 870 МГц, шаг сетки частот составляет 25 кГц. В системе возможна дуплексная связь. Спектр услуг системы ESAS достаточно широк и включает в себя различные виды групповых вызовов, индивидуальные вызовы, соединение с АТС, автоматический роуминг и маршрутизацию, динамическое перегруппирование, передачу коротких цифровых сообщений (статусных вызовов), голосовую почту, перенаправление вызовов, защиту от несанкционированного использования, режим непосредственной связи.

Абонентское оборудование представлено дуплексными радиотелефонами, а также полудуплексными радиостанциями с клавиатурой и без нее. Все типы радиостанций системы ESAS оборудованы ЖК-дисплеями для отображения номера или имени вызываемых группы или индивидуального абонента, а также для

приема сообщений статусных вызовов. Возможно отображение номера вызывающего абонента.

Типовая схема базового оборудования показана на рис. 13.6.

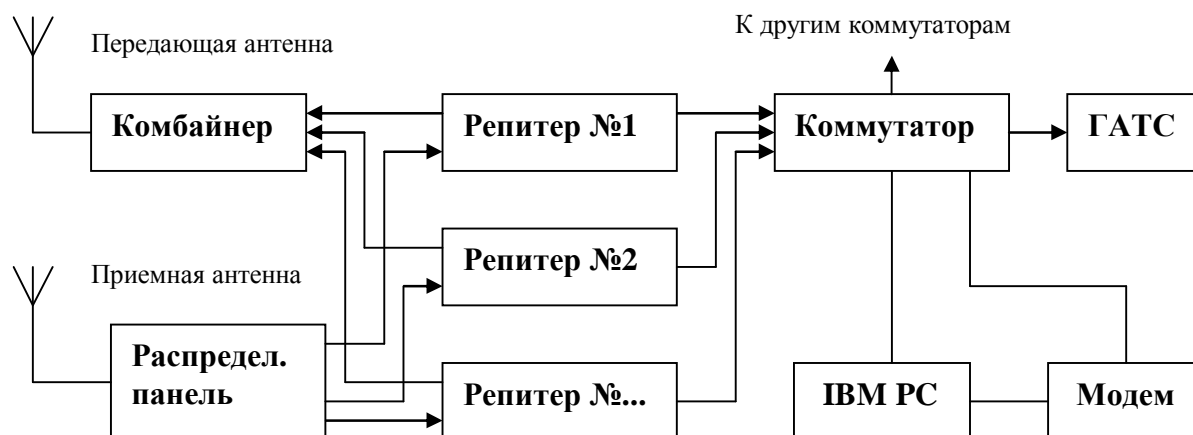


Рис. 13.6

Комплект базового оборудования состоит из:

- антенно-фидерной системы;
- комбайнера и распределительной панели;
- репитеров со встроенными блоками управления;
- коммутатора, управляемого персональным компьютером.

Обработка радиосигналов в репитерах осуществляется традиционным аналоговым способом, и, после преобразования, речевая и управляющая информация в цифровом виде передается по интерфейсу ISDN на коммутатор.

Коммутатор выполнен полностью по цифровой технологии, и, помимо коммутации каналов связи, осуществляет формирование протокола ESAS™ на сетевом уровне. Работой коммутатора управляет персональный компьютер.

При подключении к телефонной сети адрес каждого абонента может совпадать с телефонным номером, привязанным к местной системе нумерации.

ПСНР FASTNet (рис. 13.7) разработана по принципу блочно-модульной архитектуры. Ее основным модулем является центральный многозадачный процессор FASTNet. Это система однозоновая, с централизованным управлением, распределенными коммутацией и каналом управления.

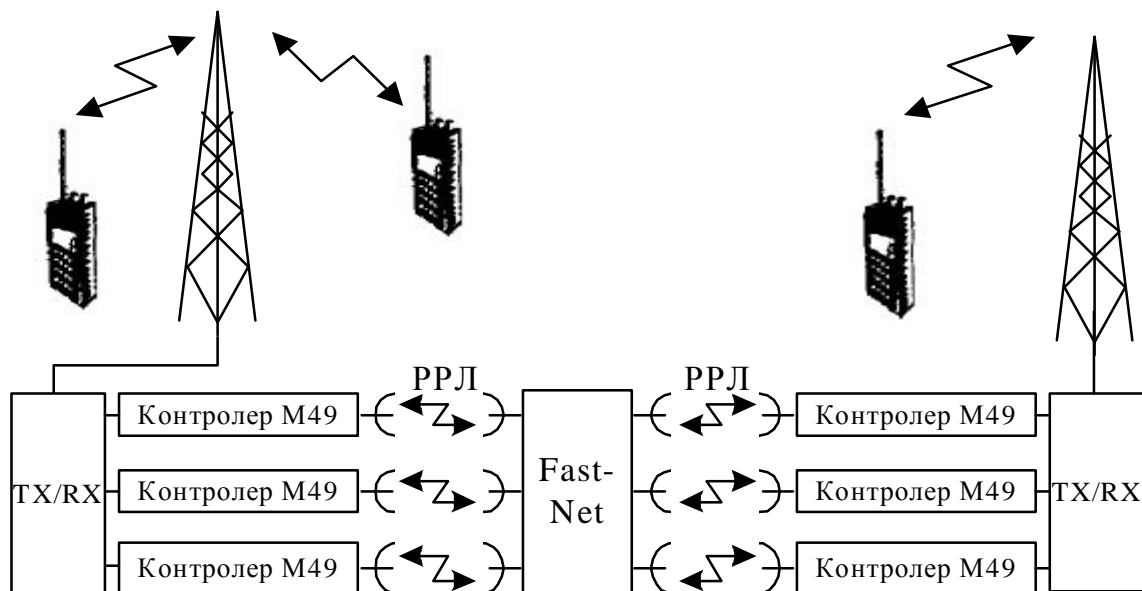


Рис. 13.7

Программное обеспечение процессора позволяет переложить многие ранее аппаратно исполнявшиеся функции на процессор и имеет три основных модуля: *Call Router*, *Call Saver* и *Call Networker*.

Модуль *Call Router* управляет маршрутизацией телефонных и системных вызовов по соединительным линиям, декодирует сигналы с импульсных телефонных линий, DTMF и MF тональных наборов. FASTNet может одновременно маршрутизировать до 40 аудио каналов.

С использованием модуля *Call Saver* система FASTNet служит устройством хранения голосовых сообщений. Эти сообщения могут адресоваться более чем трем тысячам пользователей и поддерживать до 16 пользователей одновременно.

– Программное обеспечение *Call Networker* управляет сетевыми функциями многозоновой системы для работы с перекрытием зон и сетевыми функциями системы с несколькими переключателями FASTNet при обслуживании очень больших территорий.

Для расширения зоны покрытия сети можно объединять много коммутаторов FASTNet между собой в соответствии с принципом распределенной коммутации (как в системе *SmartTrunk II*).

В зависимости от местной телефонной сети оператор радиотелефонной системы может предложить своим абонентам все улучшенные услуги FASTNet: роуминг, маршрутизацию по принципу «меньшая стоимость», передачу вызовов, внутренние голосовые сообщения с уведомлением о наличии сообщения, до 255 персонализированных наборов служб, которые делают

пользование радиотелефоном намного удобнее. Некоторые из этих функций недоступны в сотовых телефонных сетях.

Вариант многозонавой архитектуры системы FASTNet с использованием коммутируемых телефонных линий показан на рис. 13.8.

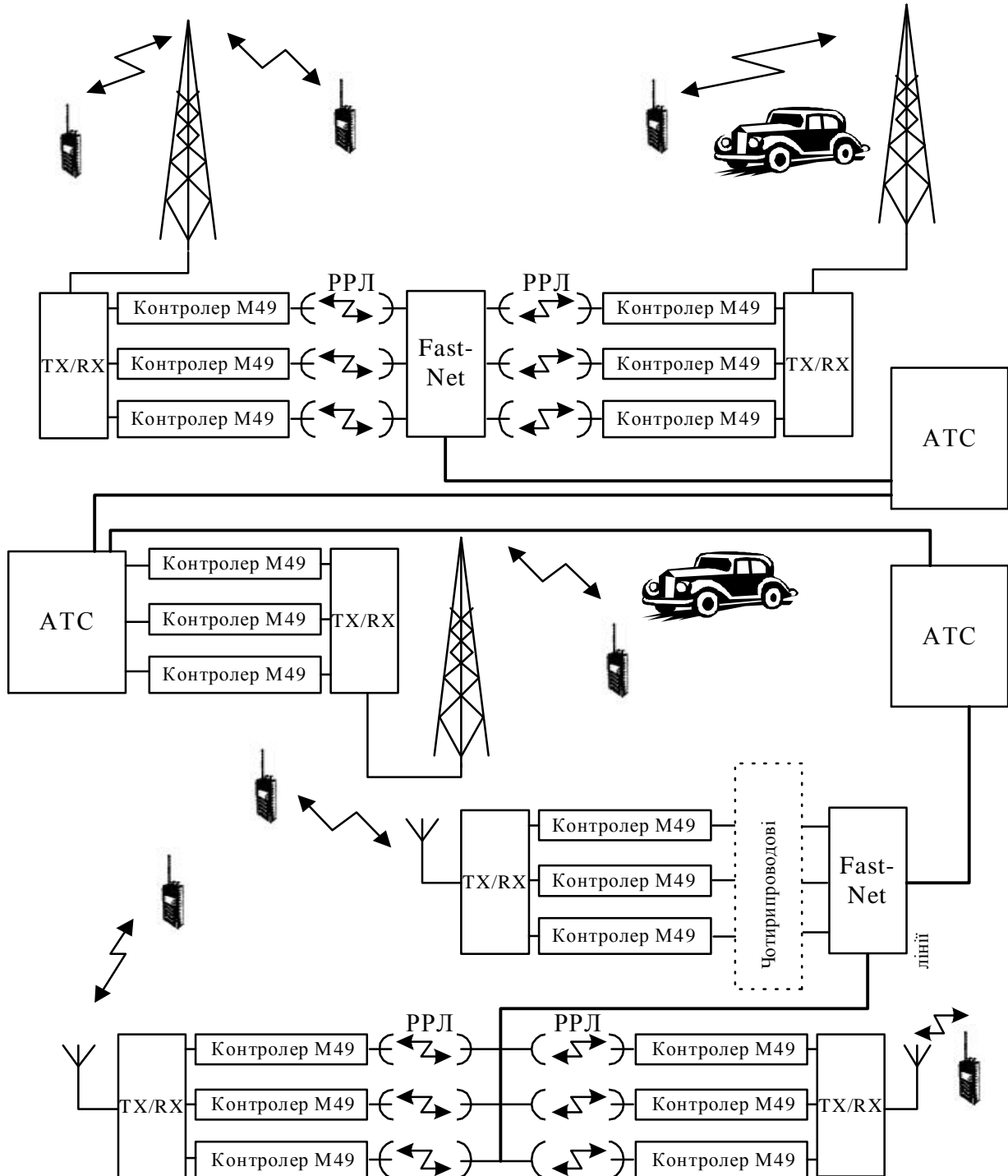


Рис. 13.8

14. ПСПР стандартов МРТ

14.1. Стандарты МРТ

Сокращение МРТ – это начальные буквы наименований стандартов и рекомендаций департамента связи Великобритании (Ministry of Post and Telegraph), аналогичное сокращению ГОСТ.

МРТ 1318 содержит методы статистических исследований параметров систем радиосвязи, в том числе и транкинговых систем.

МРТ 1327, опубликованный в январе 1988 года, содержит протоколы сигнализации для ПСПР с автоматическим доступом к свободным каналам и алгоритмы обмена между транкинговыми контроллерами системы и абонентскими радиостанциями.

МРТ 1343 регламентирует процедуры трафика по радиоканалу между мобильными абонентами и базовыми станциями транкинговых систем общего пользования с протоколом МРТ 1327.

МРТ 1347 содержит дополнительные спецификации радиоинтерфейса для стационарных абонентских радиостанций транкинговых систем общего пользования, не отраженные в стандарте МРТ 1343.

МРТ 1352 регламентирует процедуры испытаний и оценки качества радиостанций стандарта МРТ 1327.

В конкретной системе не обязательно реализовывать все без исключения функции стандартов МРТ. Необходимо обеспечить какой-то обязательный минимум требований, например, МРТ 1327, а в остальном система может быть подстроена по пожеланиям конкретного заказчика.

Отличия транкинговых систем МРТ 1327 различных производителей заключаются в том, насколько широко в них реализованы возможности протокола МРТ 1327 сверх "обязательного минимума". Транкинговые контроллеры тех систем, где набор реализованных функций весьма широк, например, контроллеры Accessnet, могут быть существенно сложнее и дороже, чем контроллеры более простых систем Fylde, Taitnet.

Все системы протокола МРТ 1327 с централизованным управлением и коммутацией, многозоновые с выделенным каналом управления, в качестве которого используется один из каналов базовой станции. На этом канале в цифровом виде передаются

команды управления и некоторые виды данных. Остальные каналы базовой станции являются рабочими или трафиковыми каналами и предназначены для аналоговой речевой связи радиоабонентов (РА) и передачи данных произвольной длины в цифровой форме.

Виды связи

Стандартный вариант протокола MPT 1327 предусматривает следующие виды связи:

1. Голосовая связь (Speech Call) индивидуальная или групповая, с обычным или высоким приоритетом. При групповом вызове вызывающий РА может определить, будет ли вестись связь в режиме общего радиообмена или в режиме оповещения, когда говорить может только вызывающий РА, а все остальные только слушают.

2. Передача данных (Data Call) произвольной длины на рабочем канале с обычным или высоким приоритетом.

3. Аварийный вызов (Emergency Call) с максимально возможным приоритетом голосовой связью или передачей данных.

4. Связь с подключением (Include Call) используется для подключения к связи других РА, реализации конференц-связи и для переадресации вызовов.

5. Статусные сообщения (Status Messages) количеством до 30 цифровых "статусных" сообщений длиной 5 бит, смысл которых может быть заранее определен заказчиком. Статусные сообщения передаются на канале управления, как между РА, так и между транкинговым контроллером и РА. Статусные сообщения не могут быть адресованы группе РА и абонентам УАТС или городских АТС.

6. Короткие блоки данных (Short Data Messages). Это цифровые сообщения произвольной формы длиной до 184 бит, которые передаются на канале управления между РА или между транкинговым контроллером и РА.

7. Передача на канале управления расширенных блоков данных (Extended Data Messages), которые состоят из четырех коротких блоков данных, связанных вместе, и имеют длину до 736 бит.

Передача и прием вызовов

РА может передать или принять запрос на установление связи (вызов) со следующими видами абонентов:

- с другими РА;
- с группой РА или со всеми РА системы;
- с абонентом УАТС с номером до 9 цифр;
- с абонентом ГАТС с номером до 31 цифры.

Протокол MPT 1327 может обеспечить следующие предельные параметры транкинговых систем:

- до 1 036 800 абонентских адресов на систему;
- до 32 768 групповых идентификационных кодов;
- до 1024 управляющих каналов транкинга.

Транкинговые системы стандарта MPT 1327 делятся на *системы регионального уровня*, для которых предусмотрено максимум 16 зон (сайтов) и число рабочих каналов в зоне не ограничивается, и *системы национального уровня*, имеющие до 1024 зоны (16 зон × 64 региона).

Управление в системах MPT 1327

Все команды, предшествующие началу связи, передаются на *канале управления (КУ)*. При этом в системах MPT 1327 предусмотрены две стратегии управления:

- с жестко закрепленным КУ;
- с нежестко закрепленным КУ.

В системах с жестко закрепленным КУ этот канал используется исключительно для передачи команд, тогда как в системах с нежестко закрепленным КУ он может использоваться также и для передачи голоса и данных в те моменты, когда все рабочие каналы заняты, но имеются необслуженные вызовы.

В системах MPT 1327 существует три уровня приоритетов:

- нормальный (Normal);
- высокий (High);
- аварийный (Emergency).

Все сигналы управления передаются на КУ в цифровом виде со скоростью 1200 бит/с посредством FFSK.

Время разбито на слоты по 106,7 мс (128 бит) каждый. Несколько слотов вместе составляют кадр.

В каждом слоте, передаваемом базовой станцией, первые 64 бита содержат системное кодовое слово КУ (CCSC), в котором имеется идентификатор данной базовой станции. Последние 64 бита каждого слота называют адресным кодовым словом и содержат, помимо служебной информации, команды управления или "телеграммы", а по терминологии, принятой в протоколе MPT 1327, обозначаются тремя-четырьмя латинскими буквами, например, ALH, ACKQ, RQE и т.п.

14.2. ПСПР фирмы Fylde Microsystems стандарта MPT 1327

Фирма Fylde Microsystems (Великобритания), которая вместе с Motorola и Philips с самого начала участвовала в формировании стандарта MPT 1327, никогда не выпускала приемопередающую аппаратуру и являлась первым производителем транкинговых контроллеров стандарта MPT 1327.

Общая структурная схема системы MPT 1327 приведена на рис. 15.1. На схеме обозначены: МУК – модуль управления каналом; БУС – блок управления сайтом; КРУ – контроллер регионального узла; КМРУ – контроллер межрегионального узла; РСК – региональный системный коммутатор; МРСК – межрегиональный системный коммутатор; ТАС – терминал администратора системы; СТ – системный терминал; P1...PN – ретрансляторы.

Транкинговые системы Fylde могут быть реализованы в следующих вариантах.

1. Односайтовая система в составе одной БС, имеющей от 2 до 24 ретрансляторов и соответствующее число МУК. Один канал БС выполняет функции КУ, а остальные каналы БС – рабочие. Блок управления сотой (БУС) обязателен, контроллер регионального узла (КРУ) может отсутствовать в случае, если не нужны выходы на УАТС и АТС.

2. Многозоновая система регионального уровня, состоящая из 2 - 10 сайтов, каждый из которых имеет одну БС с числом каналов от 2 до 24. Все БУС соединены с КРУ, образуя конфигурацию "звезда".

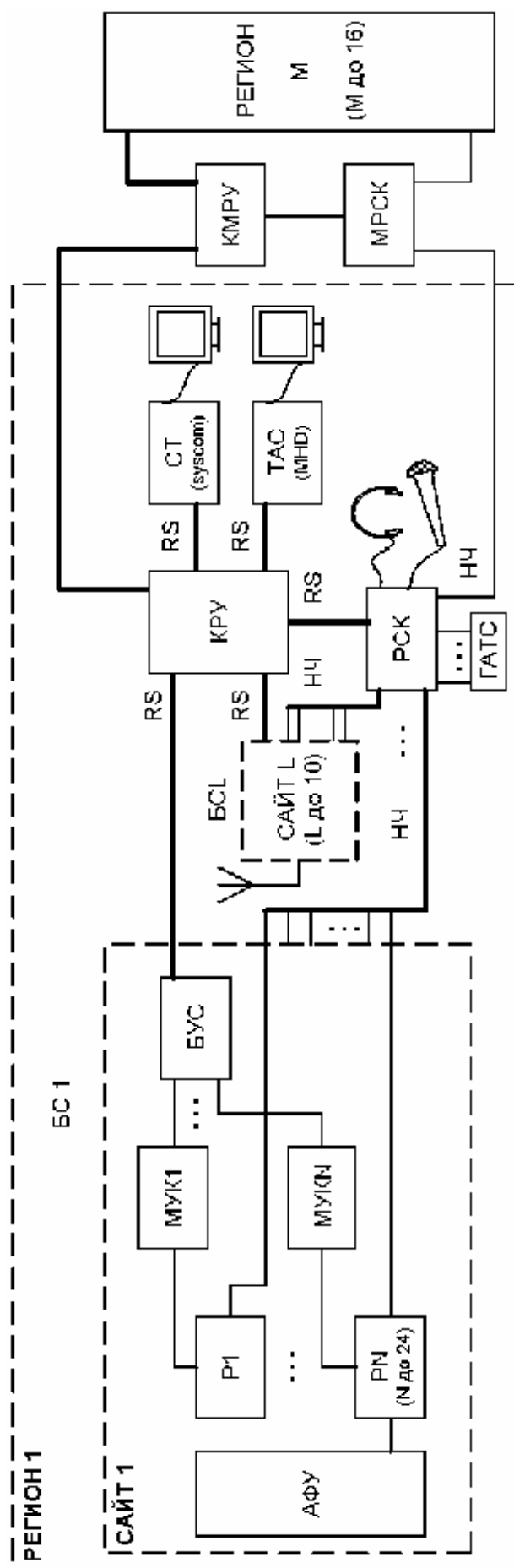
3. Многозоновая система национального уровня с использованием *контроллера межрегионального узла* (КМРУ), который осуществляет коммутацию от 2 до 16 КРУ, образуя конфигурацию "звезда, состоящая из звезд".

В таких системах одноканальные базовые станции имеет смысл применять только в следующих случаях:

- при практических исследованиях зон радиопокрытия, когда базовую станцию приходится многократно переносить с места на место;

- при натуральных демонстрациях возможностей MPT 1327 потенциальным заказчикам;

- при запуске новой системы, когда ее оператор желает вначале предельно нагрузить один канал, и только затем подключать другие каналы, чтобы лучше оценить разницу в уровне обслуживания.



ПСПР Fylde стандарта MPT1327 работает в 150 МГц и 450 МГц диапазонах профессиональной связи, т.е. на частотах 136 – 174 МГц и 420 – 480 МГц, используют доступ FDMA с шагом сетки 12,5 МГц или 25 МГц и фазовую модуляцию (G3E), обеспечивают дуплексный режим работы БС (ретрансляторов) и дуплекс или полудуплекс АС.

В системах Fylde соединения с УАТС и ГАТС осуществляются через РСК, при этом возможны соединения с восемью различными УАТС по двух- и четырехпроводным аналоговым линиям. Общее число линий с АТС должно быть не более 24.

Система Fylde позволяет вести учет и тарификацию всех соединений. Учетные данные первоначально накапливаются на каждой БС и по запросу могут быть переданы на системный терминал SYSCON. В состав учетной информации входят следующие параметры:

- время и дата начала соединения (вызова);
- идентификаторы вызывающего и вызываемого РА;
- идентификатор БС вызывающего РА;
- номер использованного рабочего канала;
- вид соединения (локальное или межзоновое);
- групповой или индивидуальный вызов;
- вид вызова (голосовая связь, аварийный вызов и т.д.);
- приоритет (обычный или высокий);
- длительность нахождения в очереди до установления соединения;
- длительность соединения (с точностью до 1 с) и т.д.

14.3. ПСПР фирмы ZETRON стандарта MPT 1327

Американская фирма Zetron, известная своими пейджинговыми терминалами и другим коммутационным оборудованием, разработала в 1994 году свои контроллеры модели 827 стандарта MPT 1327.

Однозоновые системы

Контроллер модели 827 по внешнему виду похож на контроллеры SmarTrunk, а структура однозоновой системы MPT 1327 фирмы Zetron, показанная на рис. 14.2, также напоминает структуру современных систем SmarTrunk II. Однако – ПСПР Zetron с централизованной коммутацией, так как в контроллеры 827 встроены системные коммутаторы, а АТС используется для связи абонентов АТС с радиоабонентами и для связи системного терминала с транкинговыми контроллерами. Таким образом, в системе Zetron системные коммутаторы многократно резервированы.

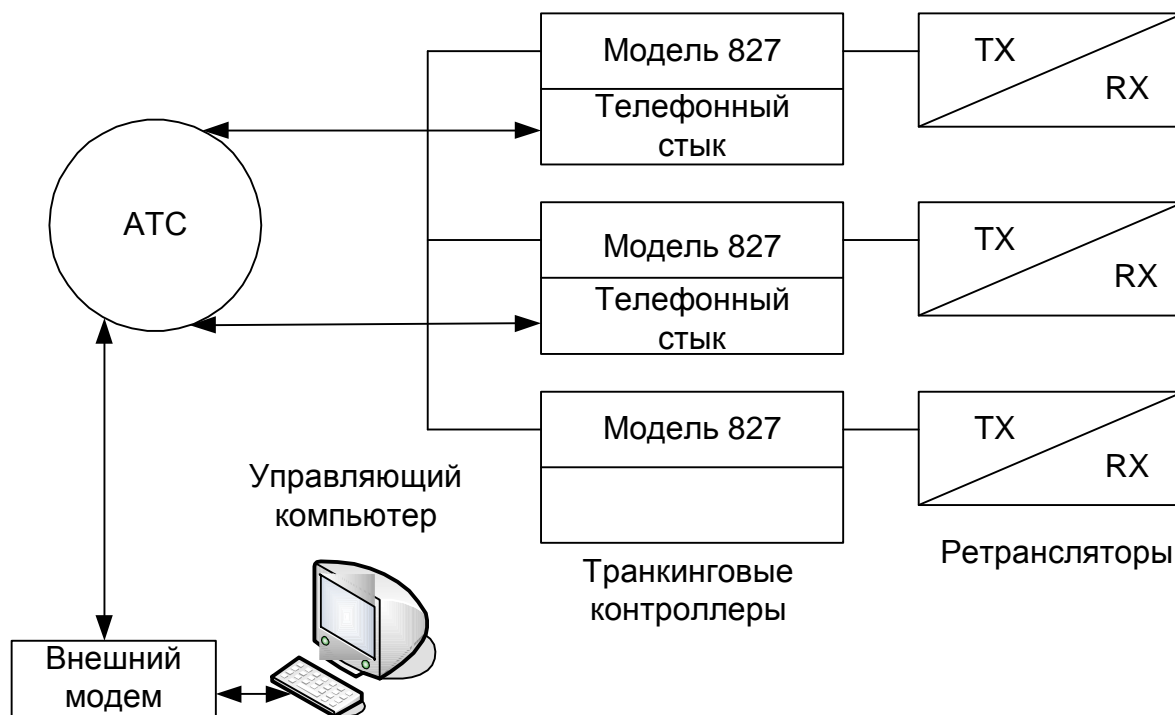


Рис. 14.2

Каждый из транкинговых контроллеров модели 827 является контроллером ретранслятор базовой станции, т.е. аналогом БУС ПСПР Fylde. При этом любой из контроллеров 827 может выполнять функции системного контроллера (КРУ или КМРУ в ПСПР Fylde).

Таким образом, в системе Zetron системные контроллеры многократно резервированы.

Все контроллеры объединены высокоскоростной шиной, по которой происходит обмен управляющей информацией (базами данных) со скоростью 64 кбит/с и передача голосовой информации между контроллерами.

База данных каждой БС рассчитана на 5000 абонентов, 2000 идентификаторов групп и 500 "флотов" (групп, в которые входят целое количество полных групп). Содержимое базы данных загружается через системный контроллер БС и копируется во все остальные контроллеры той же БС по общей шине. Наличие общей шины и резервирование системных контроллеров и коммутаторов повышает жизнеспособность транкинговой системы, поскольку выход из строя одного контроллера или коммутаторов не влияет на работу системы.

Многозоновые системы

Контроллеры Zetron предназначены также для построения многозоновых (до 12) транкинговых систем. Для этого системные контроллеры разных зон связаны между собой.

Типичные линейная конфигурация, простая "звезда" и "звезда" с перекрестными соединениями многозоновых системных контроллеров разных зон показаны на рис. 14.3 – 14.5.



Рис. 14.3

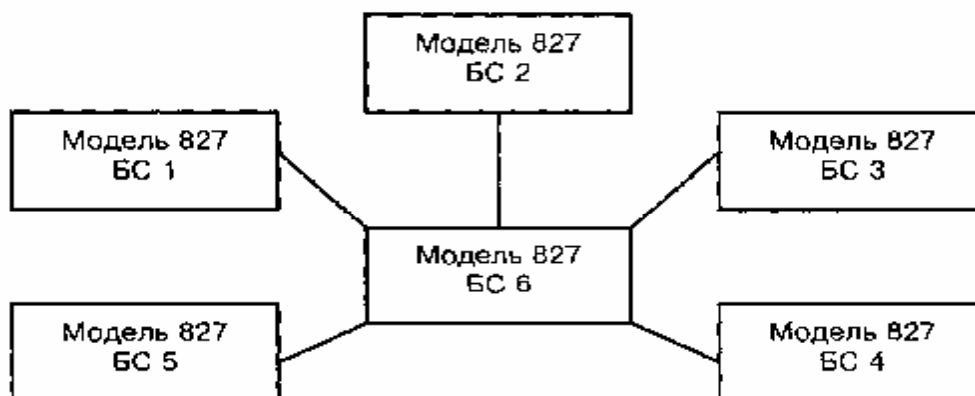


Рис. 14.4

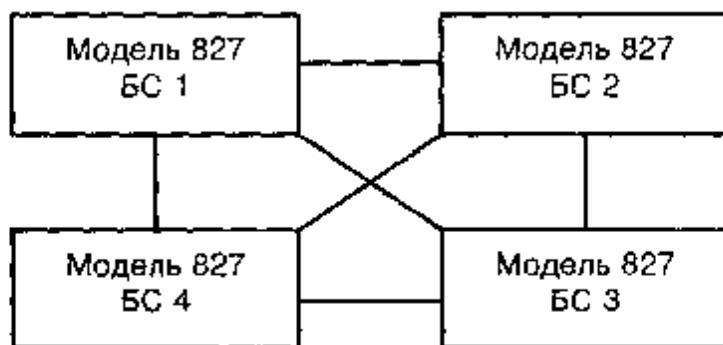


Рис. 14.5

Стандарт MPT1327 предусматривает возможность сопровождения подвижного абонента одновременно максимум тремя БС, система Zetron допускает одновременную регистрацию максимум из двух БС – своей "домашней" БС и БС какой-то из текущих зон. При перемещении абонента может меняться его регистрация в "чужой" зоне, тогда как регистрация в "домашней" зоне будет сохраняться.

В качестве линий связи между зонами Zetron первоначально предполагает использовать 4-проводные выделенные линии, соединяющие последовательные шины данных и контроллеры разных зон непосредственно или при помощи асинхронных модемов. Возможно также использовать для межзонавых соединений коммутируемые телефонные линии. При этом базовые станции каждой из зон будут иметь в своем составе специальные телефонные интерфейсы для межзонавых соединений.

Для межзонавой сигнализации используются пакетная передача данных с FFSK манипуляцией.

При групповых вызовах в многозонавом варианте каждый вызов будет передан на 12 различных зон. Групповые вызовы с аварийным приоритетом могут при этом прерывать идущие сеансы связи.

ПСПР Zetron работает в 150 МГц и 450 МГц диапазонах профессиональной связи, т.е. на частотах 136 – 174 МГц и 420 – 480 МГц, используют доступ FDMA с шагом сетки 12,5 МГц или 25 МГц и фазовую модуляцию (G3E), обеспечивают дуплексный режим работы БС (ретрансляторов) и дуплекс или полудуплекс АС.

14.4. ПСПР TaitNet стандарта MPT 1327

Транкинговая система Taitnet фирмы Tait Electronics Ltd. (Новая Зеландия) является ПСПР стандарта MPT 1327 и похожа на ПСПР Fylde, но построена на базовом оборудовании полностью собственного изготовления.

Функциональная типовая схема 4-зоновой транкинговой системы связи Taitnet представлена на схеме (рис. 14.6).

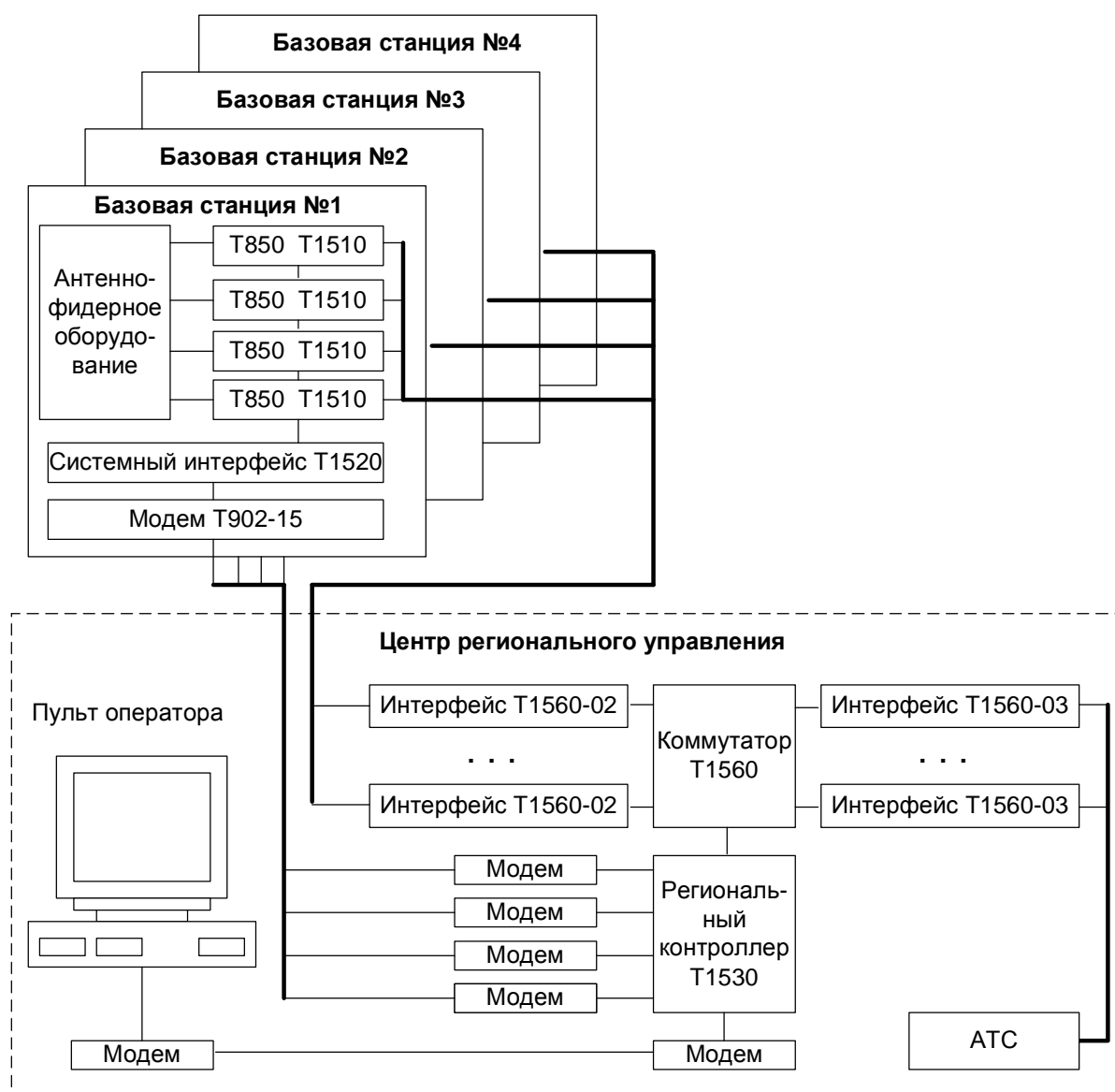


Рис. 14.6

Система Taitnet состоит из центра регионального управления, пульта оператора (терминала управления системой), базовых станций и абонентского оборудования.

Региональный контроллер T1530 или T1540 осуществляет объединение контроллеров T1510 базовых станций в единую многоканальную многозонавую транкинговую систему радиосвязи. T1530 может управлять системой, имеющей до 10 зон до 24 каналов в каждой зоне. Он собирает информацию от всех подключенных базовых станций и передает ее на терминал управления системой.

Таким образом, система Taitnet является ПСПР регионального уровня (в ней нет КМРУ).

Коммутатор T1560 состоит из коммутационной матрицы и интерфейсных плат. Он обеспечивает коммутацию аудио каналов при межзонавых соединениях и аудио каналов с телефонными линиями.

Контроллер T1510 поддерживает сеанс связи и взаимодействует с системным интерфейсом T1520. Блок T1520 выполняет проверку и учет соединений, выдает информацию о состоянии системы и осуществляет обмен данными с контроллерами T1510.

Связь регионального контроллера T1530 с периферией обеспечивается по выделенным 2-х проводным линиям через модемы T902-15.

ПСПР Taitnet работает в 150 МГц и 450 МГц диапазонах профессиональной связи, т.е. на частотах 136 – 174 МГц и 420 – 480 МГц, используют доступ FDMA с шагом сетки 12,5 МГц или 25 МГц и фазовую модуляцию (G3E), обеспечивают дуплексный режим работы БС (ретрансляторов) и дуплекс или полудуплекс АС.

15. ПСПР стандарта TETRA

15.1. Стандарт TETRA

Стандарт TETRA (TErrestrial Trunked RAdio) является первым утвержденным стандартом на цифровой транкинг.

В 1996 году фирмы-производители проводили полевые испытания и на острове Джерси была развернута первая система стандарта TETRA.

При разработке стандарта TETRA учитывался негативный опыт разработки систем MPT, в которых было стандартизовано недостаточное количество интерфейсов (системы MPT различных производителей не совместимы друг с другом).

Для обеспечения широкого открытого рынка с участием в нем множества поставщиков стандарт TETRA определяет следующие требования к интерфейсам:

1. Интерфейс радиосигналов (AIR IF) обеспечивает возможность работы терминального оборудования различных производителей.

2. Интерфейс терминального оборудования (TEI) способствует независимой разработке мобильных приложений для передачи данных.

3. Межсистемный интерфейс (ISI) обеспечивает возможность объединения сетей TETRA различных производителей.

4. Работа в прямом режиме (DMO) гарантирует работу между терминалами различных производителей вне зоны обслуживания системы.

Сети TETRA совместимы практически со всеми другими сетями благодаря стандартизации этих интерфейсов. Сеть TETRA может быть подсоединена к ГАТС и УАТС, различным типам сетей передачи данных, а также и командным и контрольным системам.

Следует отметить, что внутрисистемные интерфейсы в TETRA не стандартизируются. Это предоставляет производителям возможность самим внедрять наиболее рациональные и традиционные для них технические решения.

TETRA использует цифровую технологию TDMA многостанционного доступа с временным разделением каналов и режимом полного частотного дуплекса FDD. На одной физической частоте обеспечивается функционирование четырех временных физических каналов.

Четыре слота (временных физических канала) составляют кадр (рис. 15.1), который имеет длительность 56,67 мс. Последовательность из 18 кадров образует мультикадр длительностью 1,02 с (один кадр в мультикадре является контрольным). 60 мультикадров образуют гиперкадр.

Каждый временной интервал в составе кадра содержит 510 бит, 432 из которых являются информационными (два блока по 216 бит). В начале временного интервала передается пакет РА управления излучаемой мощностью (36 бит), за ним следует первый информационный блок (216 бит), далее – синхропоследовательность SYNC (36 бит) и второй информационный блок. Соседние временные интервалы разделяются защитными интервалами GP длительностью 0,167 мс, что соответствует 6 битам.

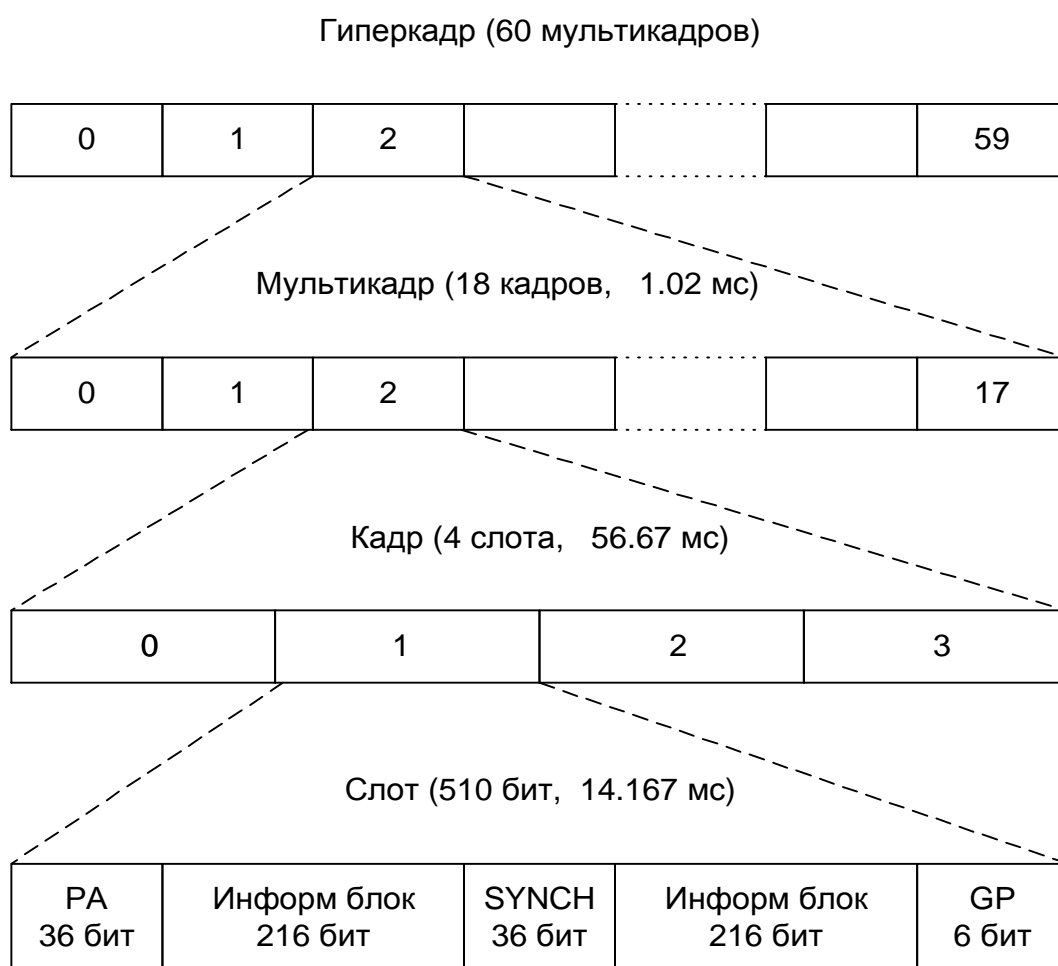


Рис. 15.1

При этом обеспечивается высокоскоростная передача данных, включая передачу видеоизображений, со скоростью до 7 и 28 кбит/с в одном и четырех временных слотах.

Стандарт TETRA обеспечивает автоматическую (по командам БС) регулировку выходной мощности абонентских станций в соответствии с требуемой напряженностью поля. Это приводит к существенному уменьшению взаимных радиопомех при высокой плотности радиосредств.

Возможности стандарта TETRA следующие:

- групповой вызов;
- индивидуальный вызов;
- системный вызов (аварийное оповещение);
- выход в телефонную сеть;
- передача данных по выделенным каналам;
- интегрированная (по одному каналу) передача речи и коротких сообщений;
- подключение к групповому вызову;
- организация очереди при состоянии «занято»;
- 10 уровней приоритета пользователя;
- интерфейс с магнитофоном для регистрации сеанса связи;
- 48-портовый групповой коммутатор контроллера;
- внутрисайтовый хендовер;
- резервирование канала управления (SCH);
- линии связи между сайтами на базе протокола X.21 (64 – 256 кбит/с);
- до 32 сайтов в регионе;
- до 7 ретрансляторов (до 28 физических каналов) в БС с одной антенной системой;
- рабочая полоса частот 403 – 433 МГц;
- 15 Вт или 25 Вт подводимая к антенне мощность БС;
- синхронизация БС от GPS;
- модуляция CPSK и 4FM.

15.2. ПСПР Dimetra стандарта TETRA

Dimetra - это цифровая системы (рис. 15.2) радиосвязи компании Моторола, соответствующая требованиям стандарта TETRA.

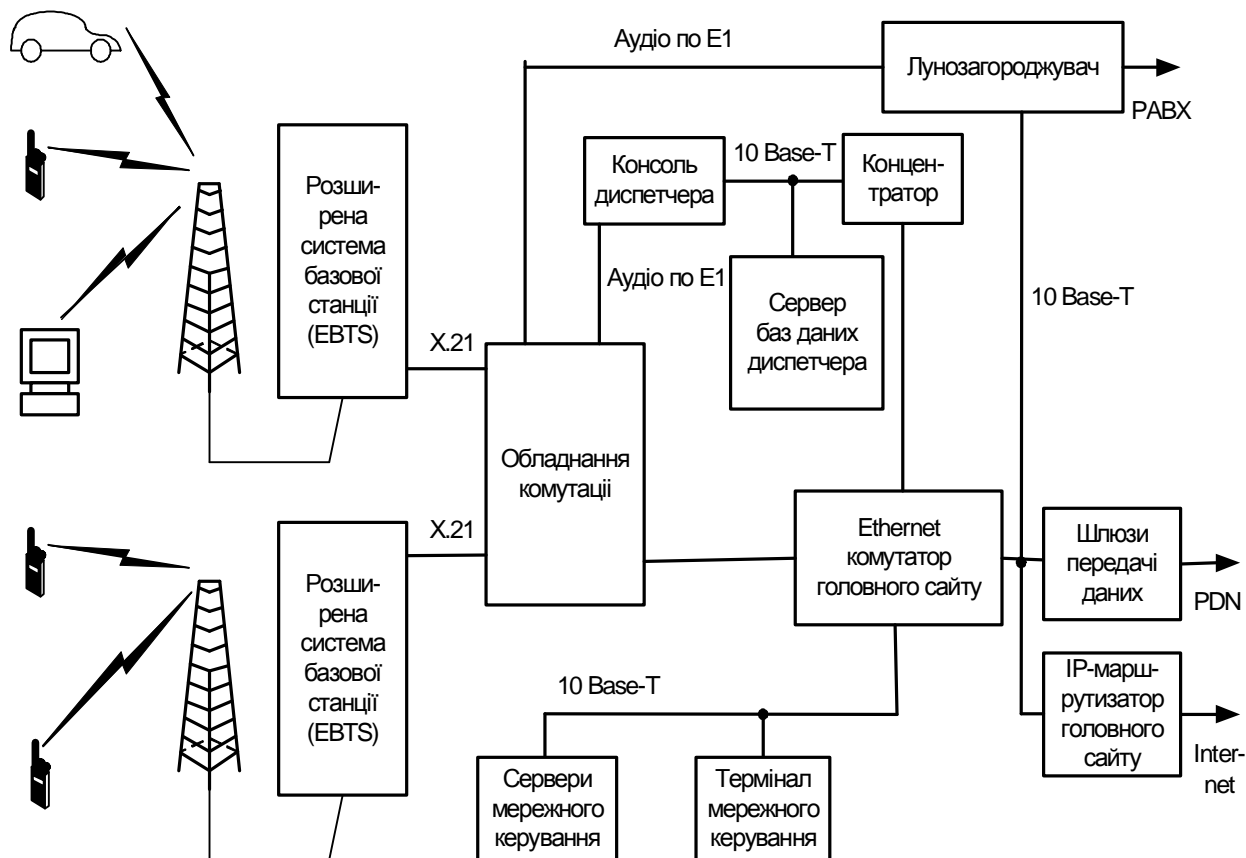


Рис. 15.2

Один регион системы Dimetra стандарта TETRA способен поддерживать работу 32 БС (EBTS) и обслуживать до 30000 абонентских идентификаторов.

Расширенная система базовых станций (EBTS) компании Моторола обеспечивает радиочастотный интерфейс между оборудованием инфраструктуры и стандартом TETRA, используемым по радиоэффиру. EBTS представляет собой конструктивно стойку, включающую в себя до 7 радиостанций, контроллер сайта TETRA (TSC) и систему аварийной сигнализации (EAS).

Каждая EBTS оснащена тремя антеннами для обеспечения разносенного приема, борьбы с замираниями сигнала, улучшения надежности и работы системы.

TSC Dimetra представляет собой контроллер, обеспечивающий связь БС и АС. В нем находится приемник спутникового навигационного сигнала GPS, который обеспечивает синхронизацию, необходимую для обеспечения минимизации задержек предоставления связи. Кроме того, синхронизация позволяет быстро передавать вызов с одного сайта на другой при движении абонента.

Система аварийной сигнализации (EAS) поддерживает до 48 входов, служащих для подключения различных датчиков и сигнализационных приборов.

Коммутационное оборудование включает электронный банк (АЕВ), зонный контроллер, мультиплексор каналов сайтов (SLM) и транскодер.

АЕВ представляет собой очень быстродействующий аудио коммутатор, который может динамически перестраиваться для маршрутизации типа «точка-точка» для индивидуальных вызовов; или типа «точка-многоточка» для групповых вызовов, или для суммирования аудио сигналов для диспетчерских консолей, участвующих в групповых вызовах.

Мультиплексор каналов сайтов, используя протокол пакетной передачи данных X.21, производит мультиплексирование и демультимплексирование трафика.

Транскодер осуществляет кодирование и декодирование аудио сигналов.

Диспетчерская служба состоит из диспетчерских консолей (DC), центрального электронного банка (СЕВ) и сервера базы данных.

Диспетчерская консоль – это компьютер, на котором установлено программное обеспечение «Элит» Центраком. Диспетчерские консоли могут располагаться как на главном сайте, так и на удаленных центрах.

Диспетчерские консоли системы Dimetra можно запрограммировать на исполнение функций управления и контроля, не связанных непосредственно с радиосистемой. Система может быть оснащена контрольными реле или входными буферами, что

позволит диспетчеру при помощи GUI консоли «Элит» контролировать или отслеживать внешние устройства, такие как противопожарные датчики, охранная сигнализация или закрытие дверей.

В состав телефонной инфраструктуры системы входит телефонный шлюз, подключаемый к УАТС (PABX) по двухмегабитному потоку E1.

Задержка во времени прохождения аудиосигнала от мобильной радиостанции (MS) к УАТС и обратно значительна, вследствие чего возникает эхо голоса пользователя, зародившееся во внешней телефонной сети. Для предотвращения этого эффекта применяется эхограждитель, отсекающий эхосигналы из телефонной сети.

Среди других поддерживаемых функций можно назвать определение номера вызывающей стороны, тоновые сигналы DTMF для управления системой голосовой почты, а так же запрет вызова.

Службу коротких сообщений данных (SDS) и пакетной передачи данных (PDS).

SDS осуществляется через роутер коротких данных (SDR), который подключен к остальному оборудованию инфраструктуры системы Dimetra по одной линии Ethernet. SDR маршрутизирует сообщения SDS к мобильным радиостанциям и от них, адресованные с использованием коротких идентификаторов пользователя (SSI). Сообщения SDS могут передаваться к внешним стационарным хост-компьютерам и от них с использованием IP адресации.

PDS осуществляется через шлюз пакетных данных (PDG), который подключен к остальному оборудованию инфраструктуры системы Dimetra по двум линиям Ethernet. PDG маршрутизирует IP датаграммы к мобильным радиостанциям и от них, переименовывая их SSI в IP адреса согласно таблице соответствия.

16. Стандарт iDEN

Первая коммерческая система на базе технологии iDEN (iDEN – integrated Digital Enhanced Network – интегрированная цифровая усовершенствованная сеть) была развернута в США компанией NEXTEL в середине 1994 г., и в настоящее время эта сеть является общенациональной. Она насчитывает около 4000 сайтов и имеет более миллиона абонентов. iDEN находит все более широкое распространение в мире, развернуты крупные системы в Латинской Америке, Китае, Юго-Восточной Азии, Японии и на ближнем Востоке.

Благодаря модульному принципу организации системы (рис. 16.1), можно создавать различные ее реализации в зависимости от нужд клиента. Например, первоначально сеть iDEN может быть развернута как ПСПР, а затем, по мере надобности, можно ее перевести к ССПР или СПД.

При этом переход от ПСПР к ССПР или СПД iDEN не требует установки никакого дополнительного оборудования на базовых станциях. Необходимо лишь установить дополнительные блоки центральной инфраструктуры и инсталлировать программное обеспечение на базовых станциях и в центральной инфраструктуре.

ПСПР iDEN обеспечивает все возможности, характерные для современных цифровых систем транкинговой радиосвязи, а именно:

- групповой вызов (group call) – абонент системы (как мобильный, так и находящийся в офисе диспетчер) может осуществлять групповой вызов в режиме полудуплексной связи. Вызов осуществляется одним нажатием кнопки, и время установления связи не превышает 0,5 с. Важно отметить, что при таком вызове используется лишь один голосовой канал связи вне зависимости от числа абонентов в группе. Число возможных групп в iDEN до 66 535, что избавляет от необходимости иметь в системе функцию динамического переконфигурирования групп. Все возможные конфигурации групп могут быть созданы заранее. Отметим, что члены группы могут находиться в разных сайтах системы на расстоянии в десятки и сотни километров.

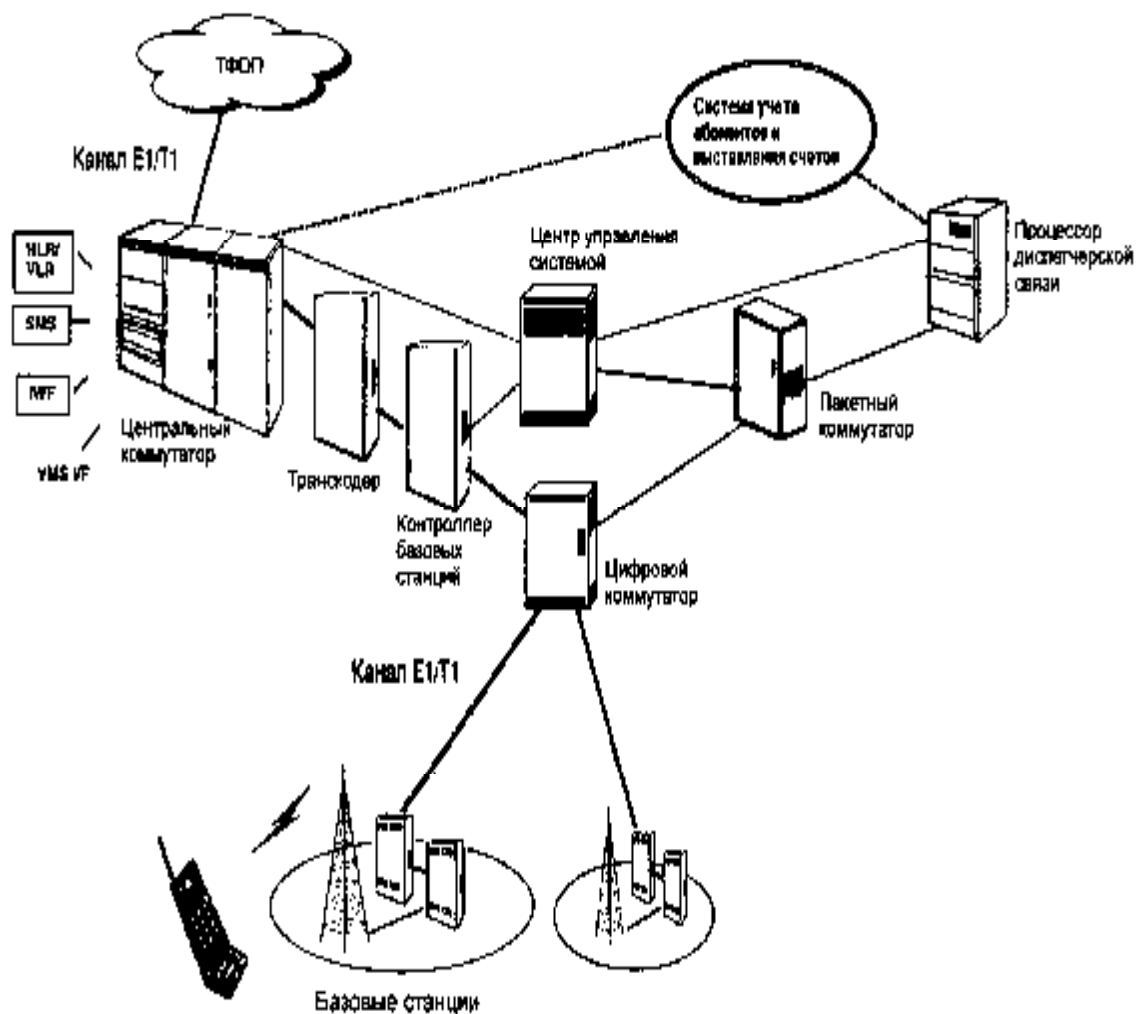


Рис. 16.1

- персональный вызов (private call) – также вызов в полудуплексном режиме. Как в режиме группового, так и в режиме индивидуального вызова на дисплее абонентского терминала вызываемого абонента появляется имя (либо цифровой идентификатор) вызывающего абонента;

- сигнализация вызова (call alert) – используется при необходимости вызвать абонента (или группу абонентов), который либо ведет разговор в режиме мобильного телефона, либо находится вне зоны действия системы, либо выключил свой абонентский терминал. Вызов запоминается в системе, и в тот момент, когда абонент становится доступен, он получает звуковой сигнал, а на экране терминала появляется идентификатор вызывающего абонента. Одновременно вызывающий абонент получает подтверждение получения вызова.

ПСПР iDEN предоставляет все возможности современных систем мобильной телефонной связи: абоненты могут звонить как на другие мобильные телефоны, так и на стационарные телефоны ТФОП, а также принимать звонки как от тех, так и от других. Телефонная связь полностью дуплексная iDEN имеет такие функции, как хранение в памяти телефона до 100 номеров и вызов по имени, автоматический набор номера, режим ожидания, различные режимы переадресовки звонка, идентификации звонящего. На абонента можно наложить следующие ограничения: только входящие звонки, только местные звонки, запрет международных звонков, ограничение на время разговоров. В системе также имеется голосовая почта (voice mail).

Абоненты ПСПР iDEN могут принимать алфавитно-цифровые сообщения, которые появляются на экране абонентского терминала. Терминалы iDEN могут хранить до 16 сообщений по 140 символов в каждом. Сообщения передаются как в обычной системе пейджинговой связи: либо через оператора, либо с компьютера. Сообщение может быть передано как одному абоненту, так и группе абонентов.

Терминалы iDEN имеют встроенные модемы и могут подключаться к компьютерам с помощью RS-232C адаптера. В режиме коммутации каналов обеспечивается скорость передачи факсов и данных до 9600 бит/с, а в пакетном – до 64 кбит. Протоколы коррекции ошибок с опережением обеспечивают надежную передачу данных.

Функция передачи данных позволяет мобильным абонентам принимать и посылать факсы и электронную почту, обмениваться данными с компьютерами в офисе и работать с сетью «Интернет». Пакетный режим передачи данных поддерживает стандартных сетевой протокол TCP/IP.

Системы iDEN выполнены на базе технологии TDMA (Time Division Multiple Access). В каждом частотном канале шириной 25 кГц передается одновременно 6 голосовых сигналов (рис.16.3). Передача оцифрованного голосового сигнала как в режиме радио, так и в режиме сотового телефона осуществляется следующим образом. Внутри временного интервала 90 мс выделено 6 временных слотов

продолжительностью до 15 мс в каждом из этих слотов передается один голосовой сигнал (при этом неважно, к какому виду связи он относится), а также управляющие сигналы. За счет применения модуляции радиосигнала по методу M16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) обеспечивается суммарная скорость передачи данных по одному частотному каналу в 64 Кбит/с. При этом в каждом голосовом канале данные передаются со скоростью 7,2 Кбит/с.



Рис. 16.3

Системы iDEN работают в стандартном для Америки и Азии транкинговом диапазоне 805-821/855-866 МГц и обеспечивает передачу в каждом частотном канале шириной 25 кГц одновременно 6 голосовых сигналов. В результате, в 1 МГц спектра можно разместить 240 голосовых каналов. Для сравнения, укажем, что аналоговые и цифровые системы транкинговой связи предоставляют не более 80 голосовых каналов на 1 МГц, аналоговые системы сотовой связи – 30 – 40 голосовых каналов, стандарт GSM – 40 голосовых каналов.

Список сокращений

AMPS – Advanced Mobile Phone Service – мобильная телефонная служба

BSC – Base Station Controller – контроллер базовой станции

BSS – Base Station System – оборудование базовой станции

BTS – Base Station Transmitter – передатчик базовой станции

CDMA – Code Division Multiple Access – кодовое разделение каналов

CHC – Channel Card – модуль управления каналом

CCH – Control Channel – канал управления

DCA – Dynamic Channel Allocation – динамическое разделение каналов

DCS – Digital Cellular System - цифровая сотовая система

DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum – метод прямой последовательности

EIR – Equipment Identification Register – регистр идентификации оборудования

EDGE – Enhanced Data rates for Global Evolution – расширенный формат передачи данных

FDMA – Frequency Division Multiple Access – частотное разделение для смежных сот

FPLMTS – Future Public Land Mobile Telephone System – наземная телефонная система будущего общего пользования для мобильных абонентов

GSM – Group Special Mobile – группа экспертов подвижной связи

GSM – Global System of Mobile Communication – глобальная система мобильной связи

GPRS – General Packet Radio Service – служба пакетной радиосвязи

HSCSD – High-Speed Circuit-Switched Data – высокоскоростной канал пакетной передачи данных

HS – HandSet – ручной телефон

iDEN – integrated Digital Enhanced Network – интегрированная цифровая усовершенствованная сеть.

IWF – Interworking Function – функциональный межсетевой стык

LTR – Logic Trunked Radio – логическая транкинговая радиосвязь

MAP – Mobile Application Part – подсистема мобильной связи

MCC – Mobile Communications Control Station – станция управления подвижной связью

MPT – Ministry of Post and Telegraph – департамент почт и телеграфов Великобритании

MS – Mobile Station – мобильная станция

MSC – Mobile Switching Centre – центр коммутации подвижной связи

MT – Mobile Terminal – подвижный терминал

NMT – Nordic Mobile Telephone – скандинавская мобильная телефонная сеть

NMC – National Maintenance Centre – центр управления сетью

OMC – Operations and Maintenance Centre – центр управления и технического обслуживания

PIN – Personal Identification Number – персональный идентификационный номер абонента

PDC – Personal Digital Cellular – персональная цифровая связь

PLMN – Public Land Mobile Network – наземная мобильная связь общего пользования

PMR – Professional Mobile Radio – профессиональные системы радиосвязи

PCS – Personal Communication Services – служба персональной связи

PUK – Personal Unblocking Key – персональный код разблокировки

RACH – Random Access Channel – канал произвольного доступа

RCP – Regional Control Processor – контроллер регионального узла

SCI – System Control Interface – блок управления сайтом

SIS(M) – Subscriber Identification Security (Module) – модуль идентификации абонента

TACS – Total Access Communications System – система связи общего доступа

TE – Terminal Equipment – терминальное оборудование

TETRA – TERrestrial Trunked Radio – наземная транкинговая радиосистема

TCH – Traffic Channel – канал передачи речи и данных (трафика)

JDC – Japanese Digital Cellular – японская цифровая сеть

WC – Walsh Coding – кодирование по Уолшу

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список рекомендуемой литературы	2
1. Особенности систем подвижной радиосвязи.....	3
1.1. Доплеровское расширение спектра сигналов средств подвижной радиосвязи	3
1.2. Многолучевое распространение радиоволн.....	5
1.3. Способы борьбы с быстрыми замираниями радиосигналов	8
2. Общие сведения о ССПР	12
2.1. Хронология развития ССПР.....	12
2.2. Территориальная организация ССПР	15
2.3. Частотная организация ССПР	16
2.4. Способы борьбы с системными помехами ССПР	17
2.5. Основные процедуры ССПР	19
2.6. Функциональные возможности ССПР	22
3. ССПР стандарта NMT	24
4. ССПР стандарта AMPS.....	27
5. Цифровые ССПР стандарта GSM	28
5.1. Структура ССПР GSM	28
5.2. Организация логических каналов ССПР GSM	33
5.3. Организация физических каналов ССПР GSM	36
5.4. Процедуры аутентификации и идентификации ССПР GSM	38
5.5. Службы передачи данных стандарта GSM	41
5.6. Служба GPRS стандарта GSM	43
5.7. Служба EDGE стандарта GSM	46
6. Цифровые ССПР JDC.....	53
7. ССПР CDMA-2000 и WCDMA	55
8. Классификация ПСПР	58
9. ПСПР “Алтай”	63
10. ПСПР “Колос”	67
11. ПСПР SmarTrunk II	69
12. ПСПР компании Motorola	73
13. ПСПР стандарта LTR.....	76
13.1. Стандарт LTR	76
13.2. ПСПР FAST™ и ESAS™	80
14. ПСПР стандартов MPT	84
14.1. Стандарты MPT	84
14.2. ПСПР фирмы Fylde Microsystems стандарта MPT 1327	87
14.3. ПСПР фирмы ZETRON стандарта MPT 1327.....	90
14.4. ПСПР TaitNet стандарта MPT 1327	93
15. ПСПР стандарта TETRA.....	95
15.1. Стандарт TETRA.....	95
15.2. ПСПР Dimetra стандарта TETRA.....	98
16. Стандарт iDEN.....	101
Список сокращений	105