

Автоматическая регулировка выходной мощности передатчика MS позволяет при работе в движении формировать оптимальные уровни сигналов в месте приема и обеспечивать благоприятные условия электромагнитной обстановки.

Автоматическая защита от шумов в траекте приема, возникающих в результате глубоких замираний сигнала при движении MS, позволяет повысить сервис обслуживания абонента.

Применение *фазовой модуляции* (ФМ) при передаче аналоговой информации по каналам радиочастоты существенно повышает помехоустойчивость и эффективность использования полосы частот канала радиосвязи. Техническая реализация ФМ в MS осуществляется путем обработки модулирующих аналоговых сигналов с помощью корректирующих контуров. Это обеспечивает подъем АЧХ сигналов в области верхних частот на величину 6 дБ/октаву, при котором радиосигнал становится фазомодулированным.

Применение *манипуляции с максимальной малым сдвигом частоты* (ММС) при передаче служебной цифровой информации соответствует реализации *фазовой телеграфии*. Это позволяет существенно экономить полосу, частот отводимую для передачи. Техническая реализация сигналов передачи нулей и единиц осуществляется путем выбора частотного сдвига между ними равного $\Delta f_{\text{сдв}} = 600 \text{ Гц}$ (рис.3.2).

Формирование FFSK последовательностей при использовании такого способа фазовой телеграфии позволяет получить высокую помехоустойчивость приема служебной цифровой информации. При этом достаточно просто решается инженерно-техническая задача построения демодуляторов радиоприемников MS на основе частотных дискриминаторов. Для работы в больших сотах применяются MS с излучаемыми мощностями $P_2 = 7,5 - 10 \text{ Вт}$ (офисные и бортовые станции) и $P_2 = 1 \text{ Вт}$ (носимые станции). Излучаемые мощности бортовых и носимых MS при работе в малых сотах составляют соответственно $P_2 = 1 \text{ Вт}$ и $P_2 = 0,1 \text{ Вт}$.

В каждой телекоммуникационной ячейке одновременно может находиться и активно работать постоянно изменяющееся множество MS. При этом возникает необходимость постоянно отслеживания каждой MS. Для этого организацией радиосвязи предусматривается выделение *канала вызова*, который используется только для обмена служебной цифровой информацией. Каналом вызова может служить любая пара частот приема и передачи MS, назначаемая путем программирования. Каждая из MS после окончания разговора автоматически переходит на канал вызова, на котором находится до организации очередного разговора.

При вызове MS через BS по каналу вызова поступает цифровая кодограмма вызова, в которой указывается номер свободного канала разговора (трафика), на котором предлагается организовать сеанс связи. Мобильная станция переходит на предлагаемый канал трафика и обеспечивает связь с вызываемым абонентом.

Если инициатором вызова является абонент MS, вызывающий другого мобильного абонента или абонента сети ТФОП, то MS вначале переходит к переходу на любой свободный канал трафика и посылает кодограмму в сторону BS. После окончания сеанса связи MS вновь переходит на канал вызова.

7.1. Структурная схема мобильной станции. Назначение элементов

Структурная схема MS сотовой системы связи стандарта NMT-450i показана на рис.3.13.

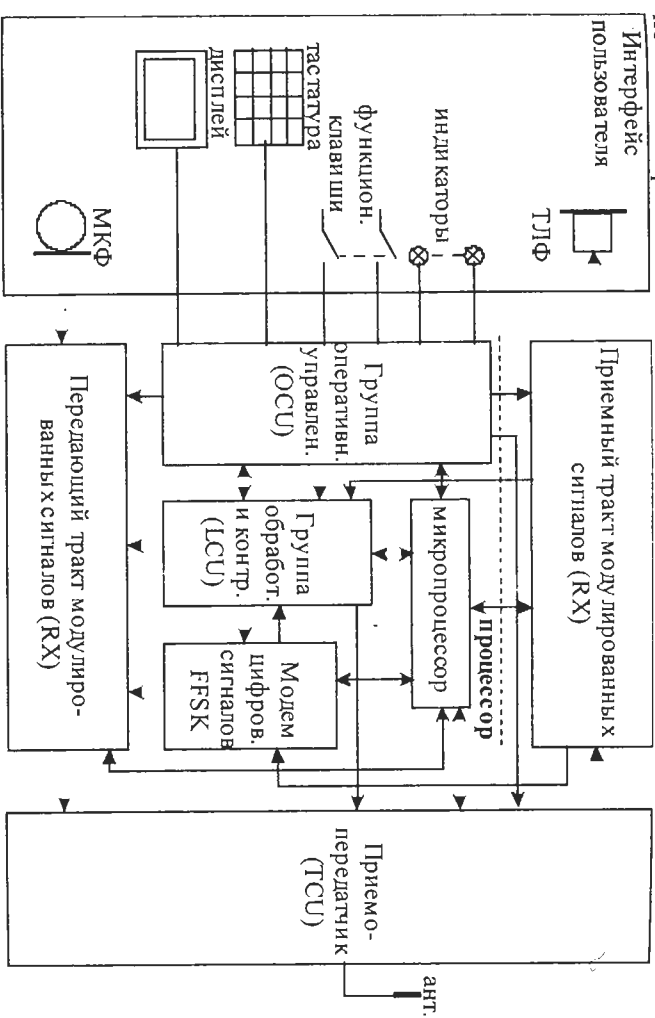


Рис.3.13. Структурная схема мобильной станции стандарта NMT-450i

Основными структурными группами MS являются:

- группа приемопередатчика (ТСУ);
- передающий тракт модулирующих сигналов (ТХ);
- приемный тракт модулированных сигналов (RX);
- модем цифровых FFSK сигналов (SE);
- группа обработки и контроля (РСУ);
- группа оперативного управления (ОСУ);
- интерфейс пользователя (ПУ).

Каждая из структурных групп выполняет определенные специфические функции в соответствии с алгоритмом работы MS.

Группа приемопередатчика - Transceiver Unit (ТСУ) обеспечивает преобразование аналоговых и цифровых FFSK сигналов в радиосигналы и

диапазоне частот 453,0...457,5 МГц при передаче и радиосигналов в диапазоне частот 463,0...467,5 МГц в аналоговые и дискретные сигналы при приеме. Она включает радиопередатчик (NR2), радиоприемник (NR2) и синтезатор частот (NS2).

В соответствии с типом MS радиопередатчик обеспечивает получение требуемой выходной мощности радиосигнала и ее регулировку при передаче и требуемого уровня сигналов при приеме при заданном соотношении уровней сигнала и помехи (шума).

Передающий тракт модулирующих сигналов - Voice Processing Circuits (TX AUDIO NA5) обеспечивает обработку первичных электрических сигналов звуковой частоты, поступающих от микрофона (VM) интерфейса пользователя (IU), дискретных FFSK сигналов, поступающих из модема (SE), пилот-сигнала, поступающего из приемного тракта модулированных сигналов (RX AUDIO NA5) и коммутацию этих сигналов на вход радиопередатчика (NR2) радиопередатчика (TCU).

Приемный тракт модулирующих сигналов - Voice Processing Circuits (RX AUDIO NA5) обеспечивает обработку поступающих с выхода радиоприемника (NR2) радиопередатчика (TCU) аналоговых сигналов звуковой частоты и цифровых FFSK сигналов, и подачу их соответственно на телефон (VR) интерфейса пользователя (IU) и модем (SE).

Модем цифровых сигналов - Signalling equipment (SE) обеспечивает преобразование адресных сигналов (кодов), формируемых в блоке PROCESSOR NP5, в цифровые FFSK сигналы с требуемым уровнем и скоростью передачи $V=1200$ Бод и подачу их в передающий тракт модулирующих сигналов (TX); преобразование модулированных цифровых FFSK сигналов, поступающих из приемного тракта модулированных сигналов (RX), в адресные сигналы (коды) и подачу их в блок PROCESSOR NP5.

Устройство обработки и контроля - Logic Controls Unit (LCU) обеспечивает совместно с микропроцессором (MP) обработку цифровой информации (адресных сигналов) при передаче и приеме; формирует внутреннюю систему команд контроля и управления состояниями всех функциональных групп MS.

Устройство операционного управления - Operational Controls Unit (OCU) формирует совместно с микропроцессором (MP) системы команд управления функциональными узлами MS и связывает интерфейс пользователя (IU) с функциональной группой LCU.

Интерфейс пользователя - Interface to user (IU) обеспечивает возможность доступа абонента к информации, введении информации в систему и системный контроль MS. Интерфейс пользователя включает органы визуального и аудио контроля исходной и входящей информации микрофона, жидкокристаллический дисплей, функциональные клавиши, тактовую панель сообщений, индикаторы оперативного контроля работы, микрофон.

7.2. Функциональная схема мобильной станции стандарта NMT-450

Несмотря на различия в конструкции мобильные станции стандарта связи стандарта NMT-450 идентичны по функциональным элементам. Примером может служить MS типа 720 Nokia, функциональная схема которой показана на рис.3.14. Мобильная станция является элементом автоматизированной адаптивной самонастраиваемой системы, работающей по определенному алгоритму. В отличие от обычных радиотелефонов включает более интеллектуальный процессорный блок PROCESSOR (NR2) который объединяет группы обработки и контроля (LCU), оперативного управления (OCU) и микропроцессор (MP). Алгоритм работы определяется программным обеспечением, заложенным в микропроцессорного блока NP5. Блок MP управляет работой функциональных узлов структурных групп OCU и LCU.

Узлы:

- коммутаторы цепей электропитания (КЦП);
 - коммутаторы трактов приема и передачи (КТ1, КТ2);
 - анализатор аудио сигнала (ААС);
 - устройство сопряжения дисплея с блоком MP (УС).
- В состав структурной группы LCU блока NP5 входят функциональные узлы:

- ко덱 адресных кадров (КОДЕК);
- запоминающее устройство адресов (ППЗУА);
- запоминающее устройство уровней выходной мощности (ППЗУУ);
- запоминающее устройство частот (ППЗУЧ).

Радиоприемник (NR2) является супергетеродинным приемником двойным преобразованием частоты. При первом преобразовании частоты радиосигнала преобразуется в первую промежуточную частоту $f_{пч1} = 21,4$ МГц. В качестве первого гетеродина используется ГУН - генератор управляет напряжением (RX VCO).

Для формирования частоты первого гетеродина $f_{г1}$ ГУН охвачен кольцевой автоматической подстройкой частоты (ФАПЧ). Кольцо ФАПЧ включает импульсно-фазовый детектор (ИФД1) и тракт деления частоты P состоящий из делителей в $P/(P+1)$ и m раз. На входы ИФД1 кольца ФАПЧ подаются соответственно:

- стабильные колебания от опорного кварцевого генератора (ОКГ) частотой $f_{окг} = 12,8$ МГц через делитель в R раз;
- колебания $f_{гун} = f_{г1}$ через регулятор уровня (РУ) и делитель $P/(P+1)$ и m раз.

Делитель в m раз является делителем с переменным коэффициентом деления (ДПКД). Коэффициент деления m может изменяться по сигналу поступающим из блока MP, ППЗУЧ и ППЗУУ. Таким образом, частота первой

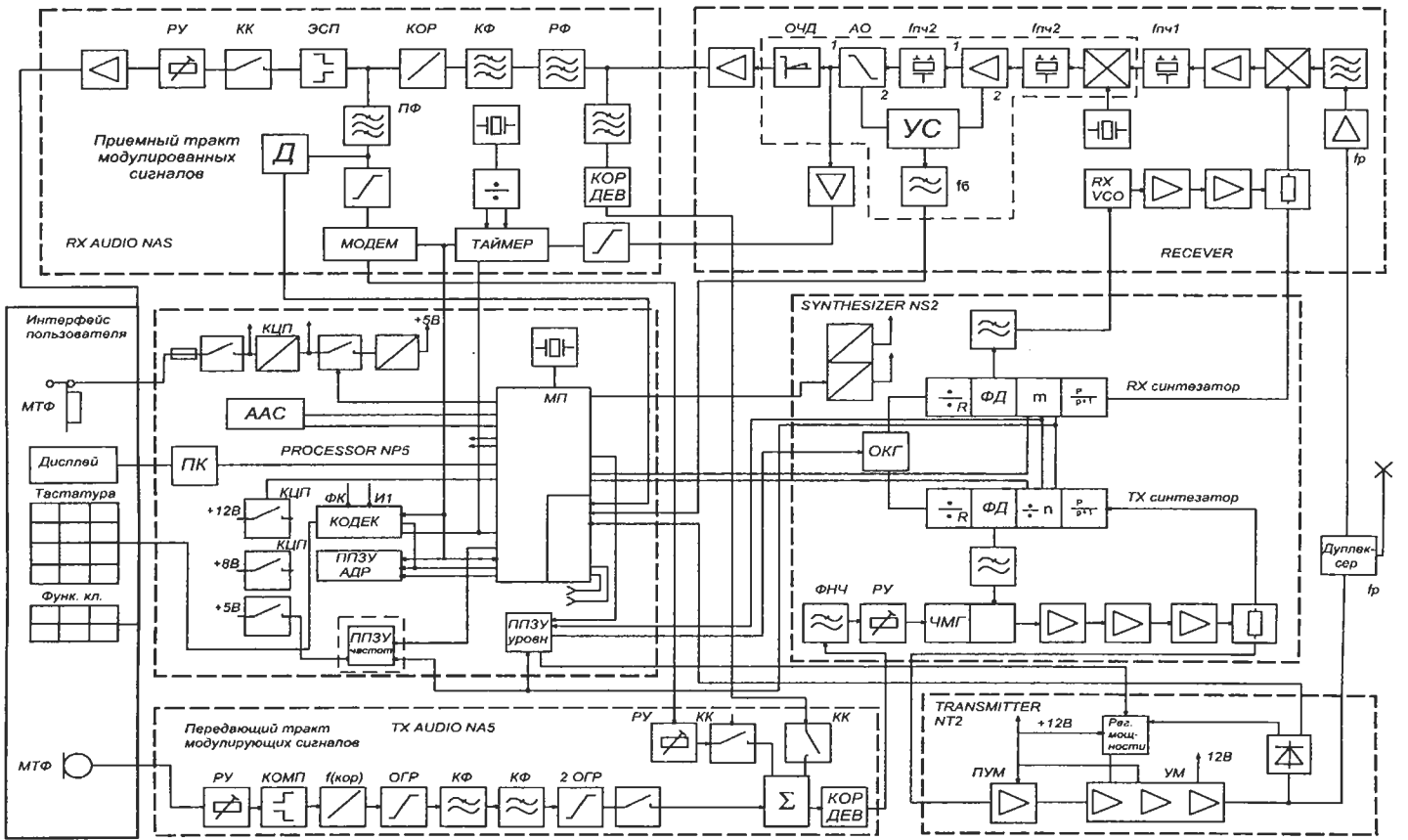


Рис.3.14. Функциональная схема мобильной станции стандарта NMT-450i.

гетеродина определяется как $f_1 = [p/(p+1)] \cdot \omega \cdot 12,8/R$ МГц. скачкообразном изменении коэффициента деления m частота f_1 изменена сопряженно с изменением частоты приема f_p . При этом значение p промежуточной частоты остается неизменным и равным $f_{пч1} = 21,4$ МГц.

Выделение $f_{пч}$ осуществляется кварцевым фильтром. Выбор знаменателя n и использование кварцевого фильтра обеспечивают требуемую избирательность приема по *звездчатому каналу*.

Второе преобразование частоты осуществляется с помощью второго гетеродина, являющегося *кварцевым автогенератором* с частотой $f_2 = 12,8$ МГц. Таким образом, при втором преобразовании частота $f_{пч}$ понижается значения $f_{пч2} = f_{пч1} - f_2 = 21,4 - 20,945 = 0,455$ МГц. Колебания с частотой $f_{пч2}$ выделяются двумя кварцевыми фильтрами, настроенными на частоты $f_{пч2} = 455$ кГц. Этим обеспечивается избирательность по *соседнему каналу* приема. В тракте второго преобразования частоты обеспечивается основное усиление сигнала. С выхода второго кварцевого фильтра колебания $f_{пч2}$ подаются на двусторонний *ограничитель амплитуды* (ОА), обеспечивая устранение паразитной амплитудной модуляции сигнала. С первого выхода колебания с частотой $f_{пч2}$ поступают на одноканальный частотный делитель (ОЧД) и далее после усиления в приемный тракт модулированных сигналов AUDIO NAS. Со второго выхода ОА колебания $f_{пч2}$ подаются в устройство (УС), где складываются с колебаниями $f_{пч2}$, поступающими в устройство усилителя первой фильтрации. В результате сложения формируются напряжение с частотой биений f_b , которое поступает в блок МР (микропроцессор) для дальнейшего использования для контроля наличия сигнала в приеме для подавления шумов на выходе тракта RX AUDIO NAS.

С первого выхода тракта ОА колебания $f_{пч2}$ после усилителя поступают в таймер тракта NAS RX радиостанции.

Радиопередатчик (NT2) MS включает:

- перестраиваемый частотно-модулированный генератор (ПЧМГ), усиленные в групповом усилителе, через развязывающий делитель подаются на делители в $R/(R+1)$ и p раз и далее на импульсно-фазовый делитель (ИФД2). На другой вход ИФД2 поступают эталонные колебания от опорного кварцевого генератора (ОКГ) через делитель в R раз с частотой $f_{ОКГ} = 12,8$ МГц. На выходе ИФД2 формируются управляющие напряжения U_y , которые через фильтр нижних частот (ФНЧ) подаются на ПЧМГ и определяют
- тракт радиочастоты передатчика NT2, обеспечивающий усиление, контроль и регулировку выходной мощности радиосигнала.

Перестраиваемый частотно-модулированный генератор (ПЧМГ) работает в кольце фазовой автоматической подстройки частоты (ФАПЧ). Рабочая частота передатчика устанавливается следующим образом. Когда ПЧМГ, усиленные в групповом усилителе, через развязывающий делитель подаются на делители в $R/(R+1)$ и p раз и далее на импульсно-фазовый делитель (ИФД2). На другой вход ИФД2 поступают эталонные колебания от опорного кварцевого генератора (ОКГ) через делитель в R раз с частотой $f_{ОКГ} = 12,8$ МГц. На выходе ИФД2 формируются управляющие напряжения U_y , которые через фильтр нижних частот (ФНЧ) подаются на ПЧМГ и определяют

частоту $f_{\text{ЧМГ}} = [P/(P+1)] \cdot n \cdot 12,8/R$ МГц. Номинал рабочей частоты ПЧМГ изменяется дискретно по командам, поступающим из блока МР и ППЗУЧ на ДПКД в п раз. Модулирующие сигналы с выхода тракта ТХ АУДИО NА5 через фильтр нижних частот (ФНЧ) и регулятор уровня (РУ) поступают на вход ПЧМГ, будут изменять его частоту относительно ее среднего значения $f_{\text{ЧМГ}} = [P/(P+1)] \cdot n \cdot 12,8/R$ МГц с девиацией $\Delta f_{\text{дев}}$.

Коэффициенты деления m и n синтезатора выбираются таким образом, чтобы разнос частот приема и передачи был равен 10 МГц. Коэффициент деления R обеспечивает перевод частот приема и передачи из частотной группы, выделяемой для одной ВS в частотную группу, выделяемую для другой ВS при перемещении МS из соты в соту.

Коэффициент деления $P/(P+1)$ обеспечивает дискретную перестройку частот приема и передачи синтезатора с минимальным шагом частот $\Delta f_c = 25$ кГц или $\Delta f_c = 20$ кГц.

Дискретная регулировка мощности радиосигнала в тракте радиочастоты (NT2) осуществляется по командам, поступающим из блока МР в ППЗУ уровня в соответствии с командами, поступающими по тракту приема. Регулятор мощности (РМ) NT2 обеспечивает дискретное изменение выходной мощности радиопередатчика. Контроль выходной мощности осуществляется с помощью измерительной цепи, соединяющей блок МР и выход тракта передачи.

Приемный тракт модулированных сигналов RХ АУДИО NА5 объединяет тракты выделения пилот-тона, цифрового FFSK сигнала и звукового сигнала:

- модем цифрового FFSK сигнала;
- таймер.

Тракты выделения пилот-сигнала включает полосовые фильтры (ПФ1...ПФ4), настроенные соответственно на частоты $f_{\text{п}} = 3955; 3985; 4015; 4045$ Гц и корректор девиации (КД1), обеспечивающий коррекцию девиации частоты измерительного сигнала (пилот-тона). На выходе корректора девиации выделяется соответствующий сигнал с частотой $f_{\text{пт}}$.

Тракты выделения звукового сигнала включает режекторный фильтр (РФ), претражающий путь пилот-тону, канальный фильтр (КФ), выделяющий сигнал в полосе 0,3...3,4 кГц, корректор АЧХ (КОР1), уменьшающий коэффициент передачи в области верхних звуковых частот на величину в 6ДБ/октаву, эспандер, обеспечивающий расширение динамического диапазона звукового сигнала, коммутатор тракта (КТ1), отключающий тракт приема от интерфейса пользователя, схему регулировки и усиления звукового сигнала.

Тракты выделения цифрового FFSK сигнала включает часть схемы выделения звукового сигнала до корректора АЧХ включительно, полосовый фильтр (ПФ) и амплитудный ограничитель сигнала (АО).

Модем цифровых FFSK сигналов включает демодулятор и модулятор частотно-манипулированных сигналов. Сигналы, после ограничителя АО поступают на вход демодулятора со скоростью $V=1200$ Бод, преобразуются в

последовательность нулей и единиц (адресный кадр), которая далее подается в блок NР5 для фазирования и декодирования.

Таймер MS обеспечивает формирование временных отрезков с помощью колебаний частот $f_1 = 321$ МГц, $f_2 = 7,2$ МГц, $f_3 = 455$ кГц. Колебания частот f_1 , f_2 формируются с помощью кварцевого автогенератора $f_{\text{кв}}=3,696$ МГц и делителей частоты. Колебания частоты f_3 поступают из блока NР2. Временные отрезки, формируемые таймером, обеспечивают:

- периоды передачи адресных кодовграмм в зависимости от их структуры;
- периоды междурегистровых задержек времени ($t_{\text{зд}} = 4$ сек);
- периоды функционального отключения MS для экономии источников питания.

Передающий тракт модулирующих сигналов ТХ АУДИО NА5 объединяет тракты введения и коррекции сигналов звуковой частоты, цифровых FFSK сигналов и пилот-тона. Тракт введения и коррекции сигналов звуковой частоты содержит регулятор уровня (РУ2) микрофонного сигнала, компрессор (КОМП), обеспечивающий сжатие сигнала, корректор АЧХ (КОР2), обеспечивающий подъем АЧХ в области верхних частот на величину 6 дБ/октаву, первый ограничитель (ОГР1), канальный фильтр (КФ2) с полосой 0,3...3,4 кГц, режекторный фильтр (РФ2), второй ограничитель (ОГР2), коммутатор тракта (КТ2), отключающий тракт от радиопередатчика.

Корректоры АЧХ (КОР1, КОР2) в трактах RХ АУДИО NА5 и ТХ АУДИО NА5 обеспечивают преобразование ЧМ колебаний в фазоманипулированные (ФМ) колебания в трактах радиочастоты приема и передачи.

Тракты введения цифровых FFSK сигналов и пилот-тона в блоке ТХ АУДИО NА5 представляют коммутаторы трактов (КТ3, КТ4), обеспечивающие подключение соответствующих сигналов ко входу радиопередатчика. Для исключения шунтирования выходов трактов модулирующих сигналов применяется схема суммирования (Σ) с общим выходом.

7.3. Работа станций ССПС стандарта NMT-450i в различных режимах.

Включение радиостанции. Включение радиостанции осуществляется клавишей "вызов" группы функциональных клавиш на интерфейсе пользователя. Это обеспечивает подачу напряжения 12 В на коммутатор цепи питания КЦП1 блока NР5. Сигнализация включения индицируется белым цветом. Дальнейшее распределение питающих напряжений осуществляется коммутаторами КЦП2...КЦП5 по командам, поступающим из блока МР в зависимости от режима работы MS.

Оценка качества канала. Оценка качества канала осуществляется непрерывно и независимо от того в каком режиме (роуминга, вызова, трафика) работает MS. Качество канала оценивается на основе измерения уровня сигнала и помехи (шума) и вычисления соотношения сигнал/шум. Качество канала считается высоким, если параметр $\gamma = P_c / P_{\text{ш}}$ будет превышать

некоторое пороговое значение γ пор в процессе работы MS. Для этого от BS на частоте радиоприема f_{pr} постоянно поступает специальный измерительный сигнал (нуль-сигнал или пилот-тон). Сотовая ССПС стандарта NMT - 4501 использует четыре варианта пилот-тонов с частотами соответственно $f_{m1} = 3955$ Гц; $f_{m2} = 3985$ Гц; $f_{m3} = 4015$ Гц; $f_{m4} = 4045$ Гц. Каждый из измерительных сигналов используется в своей группе сот (*класмеров*) в которых рабочие частоты базовых станций не повторяются. Это устраняет опасность возникновения взаимных помех между соседними BS. Нуль-сигнал, излучаемый BS, на выходе радиоприемника NR2 выделяется соответствующим полосовым фильтром ПФ1... ПФ4 и через корректор девиации КД1 и коммутатор КТ4 транзитом поступает в тракт радиопередатчика для передачи в обратную сторону. Измерение уровня нуль-сигнала и вычисление параметра γ осуществляется в блоке MP по сигналу, поступающему с выхода корректора девиации КД1. Такая же оценка качества одновременно проводится и на BS, принимающей нуль-сигнал по обратному каналу. Данные оценки хранятся в блоке ППЗУУ.

Регулировка выходной мощности передатчика. Регулировка выходной мощности MS осуществляется по командам блока MP, подаваемым на ППЗУУ.

Команды управления далее поступают на регулятор мощности (РМ) радиопередатчика NT2. Одновременно блок MP осуществляет контроль выходной мощности передатчика.

Режим роуминга. Переход MS в режим роуминга осуществляется:

- при вхождении в новую соту в процессе перемещения;
- по истечению периода задаваемого таймером после предыдущей процедуры роуминга;
- по заявке на роуминг абонента MS;
- при установлении связи.

При нахождении MS в режиме дежурного приема процедура роуминга проводится по *книжке вызова*. Переход MS на канал вызова происходит автоматически после окончания разговора и нажатия пользователем функциональной клавиши "освобождение". Команда "освобождение" поступает в блок MP. Из блока MP на дисплеи в m и n раз блока синтезатора NS2 поступают команды на перестройку приемника и передатчика на канал вызова в соответствии с зональной информацией, хранящейся в ППЗУЧ блока NP5. Одновременно на коммутаторы КТ1, КТ2 трактов RX AUDIO NA5 и TX AUDIO NA5 из блока MP подаются команды на отключение интерфейса пользователя. Таким образом, MS в процессе перемещения оказывается постоянно готовой к приему кодограммы роуминга или вызова. Переход на канал "вызова" индицируется зеленым цветом индикатора интерфейса. При приеме адресной кодограммы роуминга цифровая информация поступает на МОДЕМ блока RX AUDIO NA5. Время начала и окончания кодограммы фиксируется в блоке MP по наличию сигнала, поступающего из детектора D блока RX AUDIO NA5. Прием кодограммы роуминга или вызова индицируется желтым цветом. После обработки (декодирования) в МОДЕМЕ адресный кадр поступает в КОДЕК блока NP5, где

дешифруется для выделения конкретных адресных команд в кодовых полях. При искажении кодограммы осуществляется также обнаружение и исправление ошибок. При повторной регистрации кодограммы, в которой присутствует новая BS, блок NP5 регистрирует "опознавание" новой BS.

Для актуализации своих данных в новой соте MS передает по обр каналу "вызова" ответную кодограмму роуминга (квитанцию). осуществляется следующим образом. По команде блока MP, подавая КОДЕК, кодер формирует адресный кадр, содержащий данные MS. Адрес кадра последовательно поступает на модулятор МОДЕМА с выхода, кодирующая последовательность со скоростью передачи $V=1200$ Бод поступает в блок TX AUDIO NA5 на регулятор уровня РУ3. Коммутатор КТ3, перех замкнутое состояние по команде блока MP и кодограмма далее поступает в ПЧМГ радиопередатчика. Время передачи кодограммы-квитанции определяется таймером MS.

Если время, задаваемого таймером, после предыдущей процедуры роу истекло (4 мин), то MS сама выступает инициатором роуминга.

Процесс начинается по команде, поступающей из таймера в блок который управляет сигнализатором NS2 и MS переходит с канала вызова свободный канал трафика. Одновременно по команде MP КОДЕК и П формируют кадр роуминга в котором присутствуют данные MS. Кадр роу поступает на МОДЕМ, где формируется кодограмма роуминга. Модулир последовательность поступает в тракт TX AUDIO NA5 на элемент РУ3 и де вход ПЧМГ радиопередатчика NT2. В ответной кодограмме, поступающей актуализируются данные идентификации новой соты и зоны обслужив (адреса BS и ЦКПС), которые записываются в ППЗУА блока NP5.

При одновременном отсутствии процедуры роуминга (например, М отключена или находилась в зоне тени) на индикаторах интерфейса пользо по команде блока MP включается сигнализация "обслуживание" и "а Команда на роуминг формируется блоком MP в соответствии с данными та Пользователь MS может с помощью функциональной клавиши "исхо вызов" подать команду на принудительный роуминг. Команда поступает MP. Далее процесс роуминга происходит по выше описанному алгоритму.

Режим установления связи. В данном режиме MS передает и при кодограммы "вызова", которые отличаются от кодограмм роуминга на адреса вызываемого абонента и дополнительных команд управления.

При вызове мобильного или стационарного абонента процесс пе кодограмм вызова происходит по свободному каналу трафика, на к переходит MS после набора номера (адреса) вызываемого абонента. Набор 1 сопровождается отображением информации на дисплее MS. По окончании номера вызываемой MS блок MP подает команду на КОДЕК, который фор адресный кадр "вызова" и подает его на модулятор МОДЕМА. Далее прохо кодограммы "вызова" проходит аналогично типовому процессу пе кодограммы роуминга.

В ответной кодограмме, поступающей через BS, обслуживающую данную соту, содержится цифровая информация необходимая для функционирования системы (адреса вызывающей и вызываемой MS, ЦКПС, BS), а также адрес канала трафика на который должна перестроиться MS для ведения разговора (или подтверждается выбранный вызывающей MS канал трафика).

Для перехода на новый канал трафика блок MP считывает данные из ПЗУЧ и подает команду на синтезатор сетки частот NS2 для изменения коэффициентов деления m и n и перестройки трактов приемопередатчика на рабочие частоты нового канала трафика.

В процессе обмена кодограммами в MS и BS одновременно измеряются уровни нуль-сигнала и в кодограммы вводится информация о необходимости увеличения или уменьшения выходной мощности радиопередатчиков.

При вызове MS другой MS или абонентом сети ТФОП процесс установления связи происходит по следующему алгоритму. При приеме кодограммы вызова вызываемая MS одновременно измеряет уровень нуль-сигнала, принимаемого от BS. В ответной кодограмме MS передает свои данные, информацию о необходимости увеличения или уменьшения уровня сигнала и подтверждает предлагаемый канал трафика. Оценка качества канала трафика между вызываемой MS и BS осуществляется по установленному алгоритму. После завершения процедуры вызова на канале вызова MS переходит на предложенный канал трафика на котором процедура обмена кодограмм и оценки качества канала по уровню нуль-сигнала повторяются. После этого MS переходит в режим трафика. По командам, поступающим из блока MP в трактах RX AUDIO NA5 и TX AUDIO NA5 включаются коммутаторы КТ1 и КТ2. Тракты обработки пилот-сигнала остаются включенными. Передача и прием речевой информации осуществляется с помощью микрофона (ВМ) и телефона (ВТ) интерфейса пользователя. Параллельно осуществляется непрерывный контроль качества канала трафика с помощью нуль-сигнала.

При передаче (приеме) кодограмм "вызова" одновременно с процессом установления связи на рабочих частотах трафика, каждый раз осуществляется и процедура роуминга.

Режимы разговора (трафика). В режиме трафика в MS блок MP подает команды на коммутаторы КТ1, КТ2, которые подключают интерфейс пользователя к трактам RX AUDIO NA5 и TX AUDIO NA5. Тракты приема и передачи нуль-сигнала с помощью коммутатора КТ4 остаются включенными для постоянного анализа качества канала в процессе ведения разговора.

При ухудшения качества канала во время разговора ниже порогового уровня MS переходит на качественный канал трафика по команде блока MP синхронно с BS (скип-коммутация). При этом все коммутации в трактах сохраняются за исключением перестройки синтезатора сетки частот NS2 и разговор абонентов не прерывается. Процесс скип-коммутации для абонента, ведущего разговор осуществляется практически незамеченным. Не составлявшаяся скип-коммутация (при отсутствии свободного качественного канала трафика на BS) индицируется красным цветом на интерфейсе пользователя (авария).

Мобильная станция для окончания переговоров абонентов

необходимости ставится в *скиповую очередь*. При появлении свободного на BS в сторону MS передается кодограмма вызова и предлагается канал тра-

В процессе ведения разговора MS перемещаясь может выйти и электромагнитного покрытия одной BS в зону другой BS. Процесс трафи этом не прерывается и MS обслуживается первой BS, если параметр св-у будет выше порогового значения.

Соседние BS при этом своими приемниками-анализаторами непрерывно оценивают параметр γ на частоте передачи MS. В случае ухудшения пар-вязности (γ) ЦКПС подает команду на ту BS, у которой параметр св-а наилучший и новая BS автоматически предоставляет MS канал трафи-изменения номинала частоты, а старая BS снимается с обслуживания раз- (скип-коммутация между сотами). Таким образом, с помощью скип-комм-в пределах зоны обслуживания осуществляется *эстафетная передача* одной соты в другую.

При работе MS в условиях пересеченной местности (высотная и п-застройка) возможны глубокие кратковременные замирания радиосиг-месте приема. Это проявляется в виде сильных шумов в телефоне. Устр-этого эффекта достигается работой системы шумоподавления MS. Ко-наличия сигнала на входе приемника осуществляется МП по сигналу "б-на выходе схемы сравнения (СС) тракта f_{n2} радиоприемника. При сни-уровня сигнала ниже порогового значения и появлении шумов напр- "биений" пропадает. Блок MP подает команду на выключение комму-КТ1 в тракте RX AUDIO NA5. Выход тракта при этом отключает интерфейс пользователя на период замирания сигнала.

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ Сотовых ССПС СТАНДАРТОВ GSM-900 (DCS-1800)

1. Структурное построение ССПС стандартов GSM-900 (DCS-1800).

Сотовые ССПС стандартов GSM-900 и DCS-1800 являются двухуровневыми коммутационно-распределительными системами [7]. По принципу построения и технической реализации стандарты GSM-900 и DCS-1800 не имеют принципиального различия за исключением использования различных участков частотного спектра. Стандарт DCS-1800 имеет более разветвленную сеть телекоммуникационных ячеек и более сложную инфраструктуру.

Структурная схема ССПС стандарта GSM-900 показана на рис.4.1.

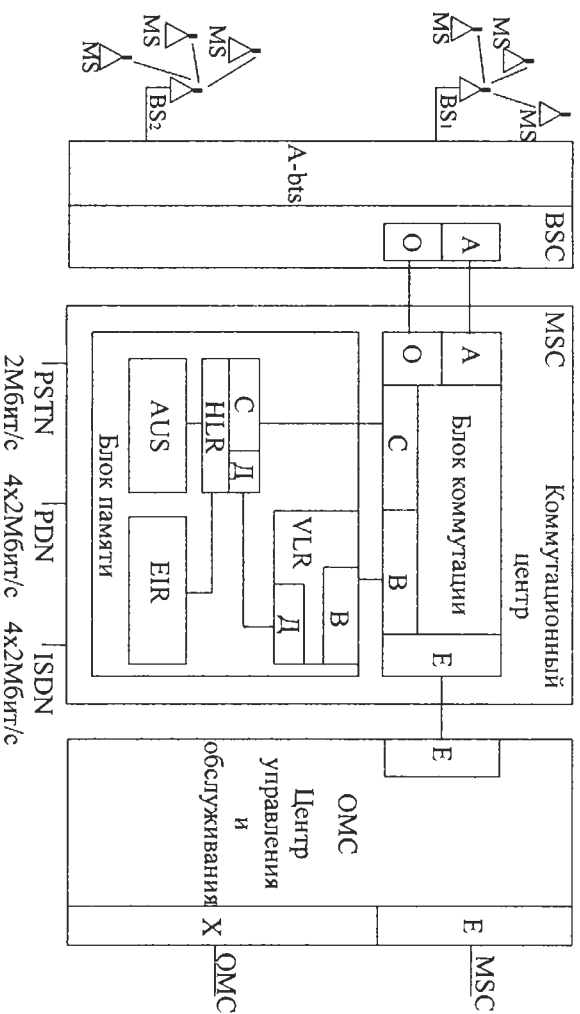


Рис.4.1. Структурная схема ССПС стандарта GSM-900

Радиоуровень включает совокупность мобильных станций (MS) и базовых станций (BTS), размещаемых на местности с целью электромагнитного покрытия всей зоны обслуживания. Стационарный уровень включает систему базовых контроллеров (BSC), коммутационных центров (MSC) и центров управления и обслуживания (OMS), соединенных между собой и сетью ТФОП линиями многоканальной электросвязи.

Коммутационный центр (MSC) обеспечивает все виды соединений системы в своей зоне обслуживания. В направлении радиорунвля MSC осуществляет коммутацию радиоканалов и маршрутизацию вызовов в процессе перемещения MS.

Особенности построения сотовых ССПС стандартов GSM-900 (DCS-1800)

Систематический контроль за MS и актуализация их данных обеспечивается с помощью регистров HLR и VLR блока памяти. Информация местонахождения MS в зоне трафика хранится в регистре положения HLR, позволяет в процессе вызова на связь определить конкретную BTS, к которой обслуживает вызываемую MS. В регистре положения HLR хранится стандартный модуль подлинности (SIM), содержащий международный идентификационный номер мобильного станции (IMSI), который является удостоверением принадлежности MS к системе. Проверка осуществляется в блоке аутентификации (AUS) с помощью ритма (A3). Идентификация основана на сравнении зашифрованной последовательности (SRES), поступающей от MS, и такой же последовательности SRES= $K_i \cdot \text{RAND}$, сформированной в блоке последовательности.

Процесс идентификации заключается в следующем. В блоке AUS формируется случайная цифровая последовательность RAND, которая через BSC передается на MS. В MS эта последовательность шифруется по алгоритму SRES= $K_i \cdot \text{RAND}$, где K_i - открытый ключ системы, хранящийся в регистре идентификации EIR мобильной станции. Алгоритм A3 предусматривает использование конфиденциального номера IMSI системы. Зашифрованная последовательность SRES поступает от MS через BTS и BSG в регистр блока памяти MSC и складывается по модулю 2 в регистре EIR с тактовой последовательностью, сформированной в блоке AUS коммутационного центра.

При совпадении последовательностей (нулевым синдроме) SRES=0 коммутационный центр MSC продолжает дальнейшую обработку информации, поступающей от MS. В противном случае (при несоответствии последовательностей SRES \neq SRES*) на MS посылаются сигнал отсуаутентификации и ее данные не обрабатываются.

Информация о перемещениях MS из зоны трафика одного MSC хранится в регистре перемещения VLR другого MSC. Трафик другого MSC хранится в регистре перемещения VLR, обеспечивает реализацию процессов *роуминга* и *роумингового буфера* при перемещениях MS.

Контроллер базовых станций (BSC) управляет несколькими BTS, обеспечивает распределение радиоканалов, контроль соединения абонентов, регулировку очередности, выполняет функции модуляции и демодуляции сигналов, кодирование и декодирование сообщений, адаптацию скорости передачи цифровой информации. Совместно с MSC контроллер обеспечивает приоритетное обслуживание MS.

Центр управления и обслуживания системы (OMS) осуществляет распределение функций между базовыми контроллерами (BSC) коммутационными центрами (MSC).

Соединение элементов цифровой мобильной системы связи GSM осуществляется с помощью внешних и внутренних интерфейсов.

Внешние интерфейсы обеспечивают соединение мобильной системы с телефонной сетью общего пользования (PSTN), сетью передачи (PDN) и цифровой сетью (ISDN).

Соединение с PSTN осуществляется по стандартной соединительной линии, обеспечивающей скорость передачи $V=2$ Мбит/с, при использовании системы сигнализации SS N7.

Соединение радиоруовня с сетью ISDN осуществляется по стандартному интерфейсу (4 соединительные линии $V=2$ Мбит/с), используемому систему сигнализации SS N7.

Соединение радиоруовня с сетью PDN осуществляется по стандартному интерфейсу (4 соединительные линии $V=2$ Мбит/с).

Внутренние GSM интерфейсы обеспечивают передачу сообщений между элементами мобильной системы.

Управление радиоруовнем системы коммутационным центром MSC осуществляется через А - интерфейс, обеспечивающий передачу сообщений, вызовов, управления передвижением. А - интерфейс объединяет каналы связи и линии сигнализации, использующие протокол SS N7. Данные об изменении местоположения MS передаются через В - интерфейс, а данные актуализации MS поступают непосредственно в NLR регистр через С - интерфейс. Кроме этого через С - интерфейс поступают тарифные данные MS.

В процессе функционирования системы и перемещениях MS данные регистра NLR систематически обновляются из регистра перемещения VLR через D - интерфейс.

Для осуществления процесса *роумингового буфера* данные от MS между домашним и гостевым MSC передаются через E - интерфейс.

В отличие от стандарта NMT-900 стандарт GSM-900 обеспечивает эстафетную передачу MS без потери связи при переходе из одной зоны обслуживания в другую. Управление BTS базовым контроллером MSC осуществляется через А - bis интерфейс. Передача осуществляется цифровыми потоками с $V=2,048$ Мбит/с. При работе в сетях с пакетной коммутацией данные между различными OMC системы осуществляется через X - интерфейс.

Управление MS по радиоканалам осуществляется между MS и BTS через стандартный U_m - радиointерфейс.

2. Особенности формирования радиоканалов в стандартах GSM-900 (DCS-1800)

Принципиальным различием ССПС стандартов GSM-900 и GSM-1800 являются использование более высокочастотного участка частотного диапазона. Это позволяет получить в стандарте GSM-1800 значительно большее количество дуплексных радиоканалов, повысить помехоустойчивость и качество связи.

Сотовые ССПС цифровых стандартов GSM-900 и DCS-1800 существенно отличаются от аналого-цифровых стандартов NMT-450i (NMT-900):

- способами модуляции сигналов и кодирования сообщений;
- способами формирования каналов трафика.

В стандартах NMT-450i (NMT-900) обмен служебной информацией осуществляется с помощью цифровых сигналов, а процесс трафика с помощью аналоговых сигналов. Стандарты GSM-1800 и DCS-1800 являются принципиально цифровыми системами в которых вся информация передается цифровой форме. Это обуславливает и существенные различия в построении аппаратуры связи и технических характеристиках аналоговых и цифровых систем.

В стандарте NMT-900 применяется частотное разделение каналов узкополосная частотная модуляция сигналов. Стандарт GSM-900 использует временно-временное разделение каналов и импульсно-кодировую модуляцию сигналов. Стандарты цифровых систем GSM-900 и DCS-1800 используют диапазоны частот 890...960 МГц и 1,71...1,88 ГГц соответственно (рис.

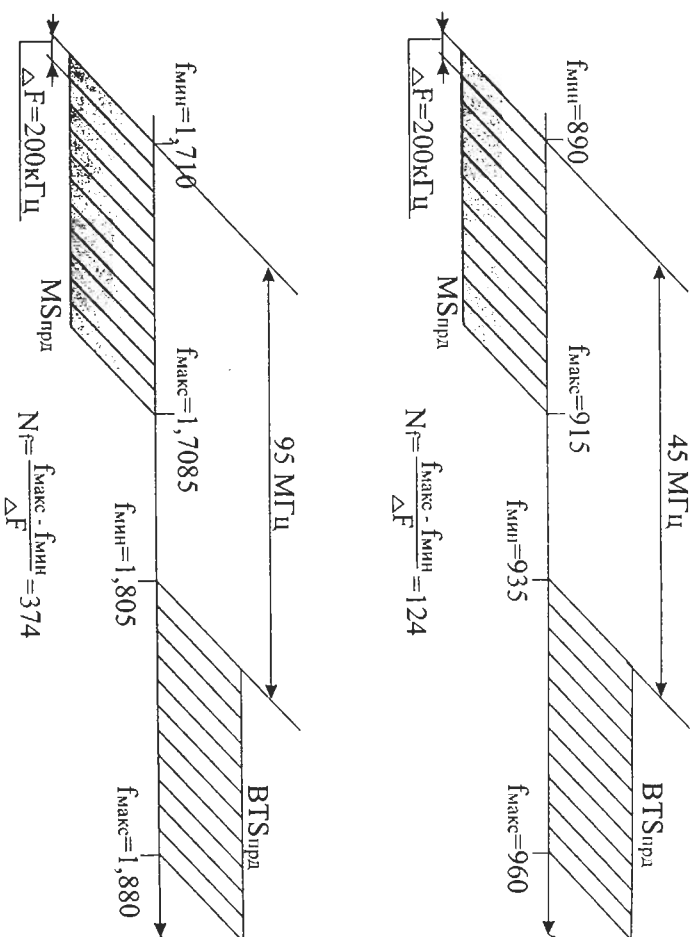


Рис.4.2. Планы частот ССПС стандартов GSM-900 (DCS-1800)

Для обеспечения максимальной развязки между каналами при передаче при формировании дуплексных каналов частотный диапазон стандарта GSM-900 разделен на две части. Нижний частотный участок $890...915$ МГц используется для формирования каналов передачи верхний участок $935...960$ МГц - для каналов приема. Заши интервал между частотными участками составляет $915...935$ МГц. К частотный участок включает 124 фиксированные частоты с шагом сетки $\Delta f_c=200$ kHz. Такое разделение частотных участков позволяет обеспечить разнес между каналами передачи и приема в каждом дуплексном

равный $\Delta f_r = 45$ МГц. В стандарте DCS-1800 каждый частотный участок включает 374 фиксированные частоты с шагом сетки частот $\Delta f_c = 200$ кГц. Частотные участки имеют защитный интервал 1.7085...1.805 ГГц. Частотный разнос между каналами передачи и приема в каждом дуплексном канале составляет $\Delta f_r = 95$ МГц.

Особенностью формирования каналов приема и передачи в цифровых стандартах ССПС является использование принципа ППРЧ (псевдослучайных прыжков рабочих частот) во временной области. Существо работы системы по принципу ППРЧ состоит в следующем.

Для работы передатчика (приемника) выделяется не одна, а несколько рабочих частот. В процессе передачи сообщений передатчик находится на первой частотной позиции определенное время, а затем перекакивает на другую частотную позицию (рис.4.3).

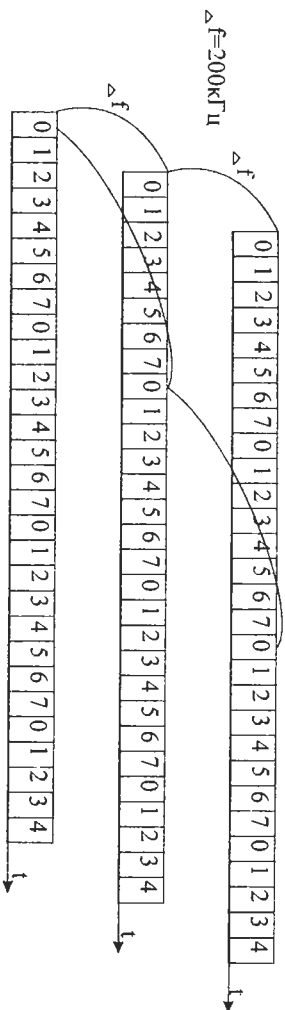


Рис.4.3. Принцип ППРЧ в стандартах GSM-900 (DCS-1800)

Интенсивность переключения рабочих частот составляет $A = 217$ скачков в секунду (медленное ППРЧ). Таким образом осуществляется прерывистая передача речи на различных частотных участках. Для упорядочения передачи (приема) информации стандартный цифровой кадр (ТДМА – кадр) делится на 8 частей (0...7) каждая из которых передается на своей временной и частотной позиции. Включение режима ППРЧ осуществляется только при наличии в тракте модуляции речевого сигнала. В паузах речи и после окончания разговора передатчик отключается.

В стандартах GSM-900 (DCS-1800) применяется импульсно-кодовая модуляция сигналов (GMSK) с индексом модуляции ВТ-0,3. Для преобразования речи в импульсную последовательность используется речевой КОДЕК скорость передачи которого составляет $V_{np} = 13$ кбит/с.

В ВTS преобразование речевых сигналов обеспечивается базовым контроллером (ВЗС). Каждая базовая станция может одновременно формировать 16...20 дуплексных радиоканалов.

3. Особенности формирования цифровых кадров в стандартах GSM (DCS-1800)

Поскольку в стандартах GSM-900 (DCS-1800) применяется ППРЧ и временное разделение каналов, то общий цифровой кадр информации, формируемый в соответствии с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ) аналоговых сигналов и цифровых последовательностей переданных (ПД), передается в виде цифровых отрезков (пакетов), вставляемых в частотно-временные окна.

Цифровые стандарты GSM используют 8 временных позиций (обозначаемых $TN_0...TN_7$). Каждая частотно-временная позиция (окно) длительностью $T_0 \approx 576,9$ мкс и обеспечивает передачу цифрового значающего $n = 156,25$ (рис.4.4).

Цифровой пакет включает 3 начальных и 3 конечных бита, две группы по 57 бит шифрованных данных, два контрольных бита, 26 бит облучивающей последовательности и 8,25 бит защитного интервала. Длительность элементарного сигнала (импульса) в каждом цифровом пакете составляет $t_m = 576,9 / 156,25 = 3,69$ мкс. Таким образом, цифровой пакет передается со скоростью $V = 270,833$ Кбит/с. Каждый элементарный сигнал в цифровом пакете имеет свой номер $VN_0...VN_{155}$. Последний элементарный сигнал в цифровом пакете не имеет номера. Его длительность составляет 0,25 т. Это обеспечивает устойчивость приема цифрового пакета при наличии временной дисперсии распространения радиоволн. Совокупность 8 цифровых пакетов, каждый из которых передается в своем окне, составляет ТДМА – кадр цифровой информации. Длительность передачи одного ТДМА – кадра составляет $T_{ТДМА} = 8T_0 = 4,615$ мс.

Из ТДМА – кадров формируются мультикадры. Стандарты GSM (DCS-1800) используют мультикадры включающие 26 ТДМА – кадров. ТДМА – кадр. Таким образом, первый тип мультикадра имеет длительность $T_{ТДМА} = 26 \approx 120$ мс, а второй тип мультикадра $T_{ТДМА} = 51 \approx 235,385$ мс. Из мультикадров формируются суперкадры. Один суперкадр включает 51 мультикадр первого типа или 26 мультикадров второго типа. Длительность суперкадра при этом составляет $T_c = 120 \cdot 51 = 235,385 \cdot 26 = 6,15$ мс. Суперкадров складывается вся цифровая последовательность, называемая гиперкадром.

Гиперкадр включает 2048 суперкадров. Период гиперкадра составляет $2048 \cdot 6,15 = 10485,76$ с, что соответствует 3 ч 28 м 5,3 с 760 мс. Небольшой период гиперкадра диктуется требованиями криптографической защиты информации. Номер кадра NF при этом используется как в параметр.

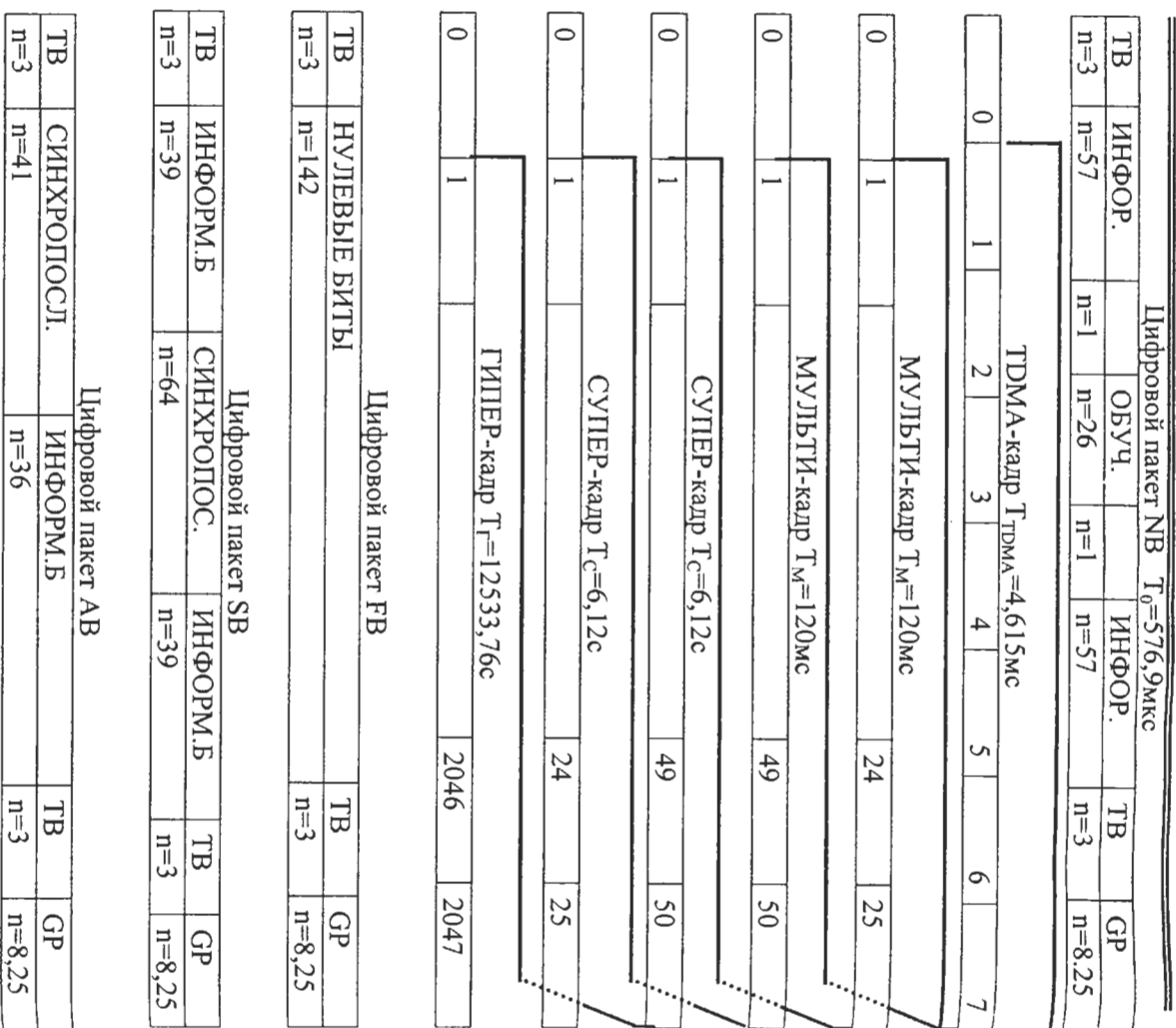


Рис.4.4. Формирование цифровых кадров в стандартах GSM-900 и DCS-1800.

Стандарты GSM-900 (DCS-1800) используют 5 видов цифровых пакетов (временных интервалов):

- NB - нормальный временной интервал;
- FB - временной интервал подстройки частоты;
- SB - временной интервал синхронизации;
- DB - установочный интервал;
- AB - интервал доступа.

В зависимости от вида временного интервала изменяется и структура цифрового пакета, передаваемого в этом интервале.

Обучающая последовательность в интервале NB использует структуру эвкалиптера приемника с учетом характеристик канала с моментом передачи информации. Нулевые биты в интервале FB определяют установочную частоту (FCSN).

Синхропоследовательность в интервале SB несет информацию о ТДМА кадра и идентификационный код BTS. При нескольких повторениях цифровых пакетов обеспечивается синхронизация в канале (SCH).

Интервал AV используется для привязки MS к новой BTS. Во время связи с радиусом $r \leq 35$ км. Время распространения волны в обратном направлении при этом составляет $T \approx 233,3$ мкс. Выбор структуры ТДМА кадра обеспечивает такие временные характеристики огибающей сигнала, излучаемого цифровыми пакетами, при которых спектральная характеристика информации наиболее компактно

МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТРАНКИНГОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

1. Принципы построения транкинговых радиосистем

Транкинговые системы в отличие от сотовых систем индивидуальной радиотелефонной связи являются системами групповой радиосвязи и строятся по принципу формирования разговорных групп (РГ) или радиосетей, составляемых из абонентов MS. Разговорные группы (радиосети) формируются из условия общей заинтересованности абонентов в получаемой информации.

Каждой РГ (радиосети) на время разговора выделяется один дуплексный или симплексный радиоканал. Совокупность равнодоступных каналов, выделяемых нескольким РГ (радиосетям), составляет каналную базу (trunk) системы. Для обеспечения связи большому количеству М мобильных радиоабонентов, распределенных по разговорным группам, выделяется ограниченное количество N радиоканалов (рабочих частот). Использование условия $M > N$ основано на статистической неравномерности потока заявок на вызовы даже в часы наибольшей нагрузки (ЧНН) системы.

Принцип организации радиосвязи по радиосетям позволяет получить значительную экономию радиочастотного ресурса при большом количестве радиоабонентов. Это обеспечивает существенное снижение эксплуатационной стоимости транкинговых радиосистем по сравнению с сотовыми системами такой же абонентской емкости.

Другим принципиальным отличием систем транкинговой связи от систем сотовой связи является способ организации телеграфика. В сотовых системах коммутация каналов и управление осуществляется на уровне фиксированной сети единым на всю зону обслуживания (ЗО) центром коммутации подвижной службы (ЦКПС). Базовые станции только ретранслируют сообщения в ЦКПС. В транкинговых же системах эта функция выполняется на радиоуровне (базовым коммутационным оборудованием каждого сайта).

В транкинговых как и в сотовых системах реализуется возможность вызова абонента стационарной телефонной сети подвижным радиотелефонным абонентом РГ, а также вызова подвижных абонентов абонентами стационарной телефонной сети. Однако, в отличие от сотовых систем эти функции распространяются только на привилегированных абонентов.

Кроме функций радиотелефонной связи транкинговые системы обеспечивают возможность передачи данных (ПД) и реализацию функций определения координат местонахождения MS на местности.

Организация телеграфика между абонентами в РГ осуществляются базовыми контроллерами, которые принимают вызовы от MS и предоставляют им дуплексные радиоканалы для обеспечения разговоров, то есть радиосвязь в РГ осуществляется через сайтовый радиоретранслятор. Базовые контроллеры

осуществляют также саморегулирование системы и контролируют каналы в процессе работы. При больших нагрузках системы и с помеховой обстановке коммутация может осуществляться в так называемом динамическом режиме, когда пораженные частоты передачи и автоматически заменяются в процессе ведения связи.

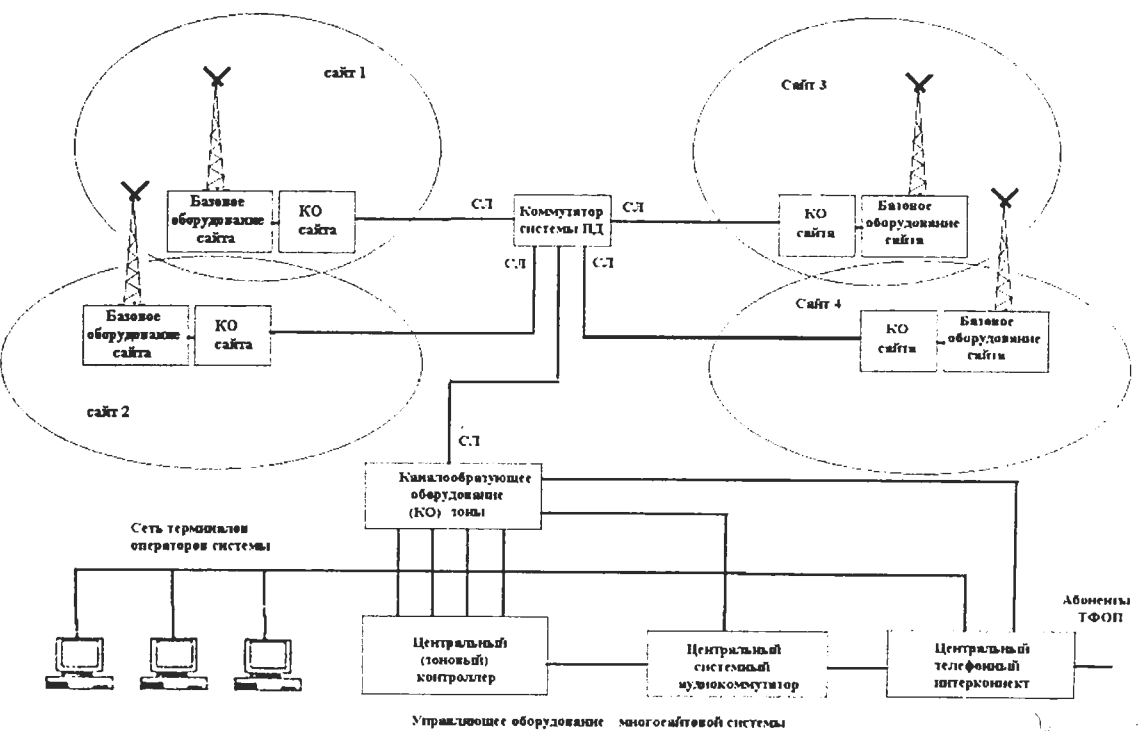


Рис. 5.1. Структура многосайтовой транкинговой ССПС SmartZone

2. Структурное построение транкинговых радиосистем

Транкинговые ССПС в зависимости от площади зон обслуживания могут быть односайтовыми и многосайтовыми. Примером многосайтовой транкинговой ССПС может служить система SmartZone, разработанная компанией МОТОРОЛА (рис.5.1).

В многосайтовой системе ЗО создается несколькими сайтами, соединенными между собой высокоскоростными каналами через зонный коммутатор передачи данных (ЗКПД). Для этого в состав базового оборудования каждого сайта входит каналобразующее оборудование (КО), обеспечивающее формирование цифровых потоков с другими сайтами. Для организации междусайтовой связи используются выделенные многоканальные соединительные линии. Соединительные линии (СИ) могут строиться с помощью аппаратуры радиорелейной связи, волоконно-оптических линий и кабельных линий связи. Системные комплекты базового оборудования сайтов включают также антенно-фидерное устройство (АФУ), базовый радиоретранслятор (БР) и базовый контроллер (БК). Для передачи информации потоков в другие ЗО используется зонное оборудование, включающее:

- зонное каналобразующее оборудование (ЗКО);
- зонный контроллер (ЗК);
- зонный телефонный интерконнект (ЗТИ);
- зонный аудиокоммутатор (ЗАК).

Таким образом, межзонавая система телекоммуникаций позволяет маршрутизировать основные информационные потоки минуя междугородную сеть ТФОП.

В односайтовых системах ЗО формируется в виде одной телекоммуникационной ячейки (ТЯ), обслуживаемой комплектом базового оборудования. Структура односайтовой транкинговой ССПС показана на рис.5.2.

- Системный комплект базового оборудования сайта включает следующие функциональные группы:
- базовое оборудование (базовый многоканальный ретранслятор, комбайнерная система, антенно-фидерное устройство, базовый контроллер с телефонным интерконнектом). В состав базового оборудования может входить также базовый компьютер сайта);
- полевое оборудование (комплекс мобильных портативных и бортовых MS и полевых ретрансляторов);

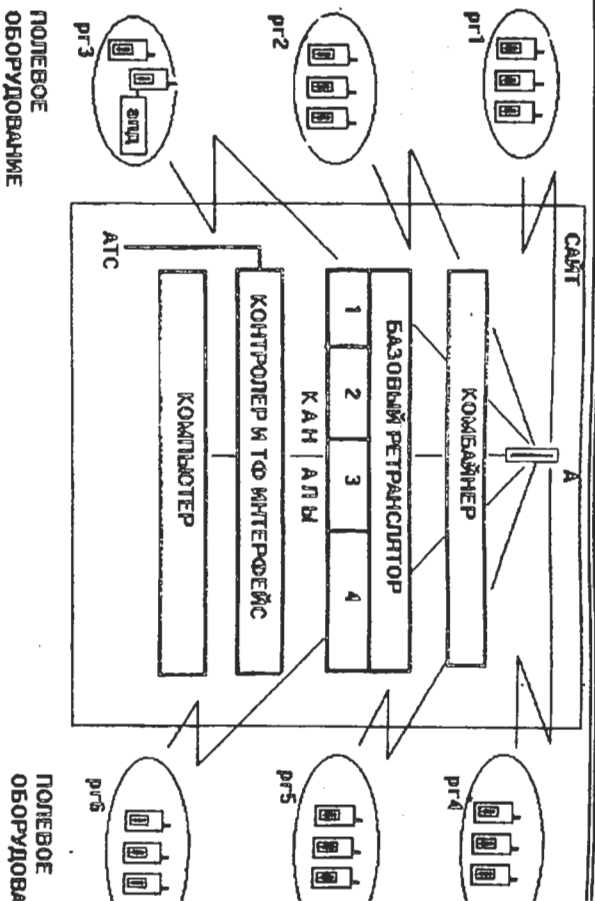


Рис.5.2. Структура односайтовой транкинговой ССПС

Базовый многоканальный ретранслятор включает несколько независимых трактов передачи и приема, объединенных в блоке каналов в каналы. Каждая канальная пара использует свои рабочие частоты передачи и приема, создавая дуплексный радиоканал. Количество канальных пар ретранслирует канальную базу (тпнк) сайта.

Антенно-фидерное устройство (АФУ) базового оборудования включает общую приемопередающую антенну (А), фидерную линию и комбайнерную систему. Комбайнерная система обеспечивает развязку трактов передачи каналов при их работе на одно АФУ.

Базовый контроллер является центральным процессором обеспечивающим автоматизацию процессов каналобразовании и контроль телефонный интерконнект позволяет подключать базовый контроллер к фиксированной телефонной сети общего пользования (ТФОП), а так каналобразующему оборудованию (КО) при построении многосайтовой системы. Базовый компьютер сайта выполняет задачи системного менеджера обеспечивает управление конфигурацией системы и пользователей функциями абонентов.

Электроснабжение базового оборудования осуществляется от типичной однофазной электросети переменного тока напряжением 220 В (50 Гц).

Антенна сайта устанавливается на опоре с максимально возможной высотой, позволяющей обеспечивать электромагнитное покрытие зоны обслуживания сайта. Фидер обеспечивает подключение антенны к выходу комбайнерной системы и входам трактов приема блока каналов радиоретранслятора.

Формирование PT осуществляется путем выделения каждой и кодовых последовательностей (адресов) с помощью системного менеджера.

(базового компьютера). Системный менеджер обеспечивает также программирование (инсталляцию) элементов полевого оборудования и присваивает адреса привилегированным MS. Он позволяет изменить конфигурацию системы, изменить состав и количество РГ по заявке заказчика. Предусматривается возможность реформирования РГ в динамическом режиме при возникновении чрезвычайных ситуаций управления. Разговорные группы (РГ) в системе могут объединяться в макрогруппы, включающие различные радиосети.

В транкинговой системе предусмотрены многоприоритетные вызовы. Контроль за степенью приоритетности осуществляет базовый контроллер. Особым приоритетом обладает кнопка аварийного вызова на MS. Приоритетные абоненты могут вызывать не только требуемых MS в РГ, но также осуществлять вызовы других РГ и их абонентов (системные вызовы).

Вызов в системе осуществляется с помощью кнопки РГТ (*нажать для разговора*), размещаемой на MS. Вызов может быть общим для всей РГ или индивидуальным для отдельной MS. В этом случае абонент предварительно набирает номер вызываемой MS на клавиатуре интерфейса пользователя. Другие MS данной РГ не слышат разговора этой пары. В случае отсутствия свободного разговорного канала абонент после нажатия кнопки РГТ слышит ряд коротких гудков (занято). При этом базовый контроллер автоматически ставит эту MS в очередь и при освобождении канала (даже при отпущенной кнопке РГТ) сообщает тональным сигналом о возможности организации разговора.

При воздействии помех во время разговора базовый контроллер автоматически заменяет выделенный разговорный канал (пораженную рабочую частоту). Такой процесс управления называется динамической перепрошивкой каналов.

Базовый контроллер предусматривает также возможность организации радиосвязи между MS минуя базовый ретранслятор (принцип прямой связи). Это осуществляется путем перестройки MS на каналы не используемые базовым ретранслятором или при выходе его из строя. При этом базовый контроллер передает по каналу управления номер канала прямой связи и MS автоматически перестраиваются на него.

3. Адресация и управление в аналоговых системах транкинговой связи

Автоматизация процессов коммутации и контроля в транкинговых ССПС основана на обмене цифровыми сигналами адресации и управления по специальному *управляющему каналу* единому для всех MS сайта. Так в аналоговых транкинговых ССПС стандарта SmartNet в соответствии с протоколом адресации и управления (табл.5.1) по управляющему каналу со скоростью $V=3600$ бит/с циркулирует цифровой поток, формируемый из временных кадров. Таким образом, каждая из MS и РГ в цифровом потоке имеет свое временное окно и может включиться для подачи кодограммы

вызова. Программное обеспечение базового контроллера позволяет формировать 48000 индивидуальных адресов MS и 4096 адресов РГ.

При вызове разговорной группы абонент MS нажимает кнопку РГТ. При вызове требуемой MS абонент предварительно набирает номер этой MS. При первом нажатии кнопки РГТ в сторону BS передается входящая кодограмма (табл.5.1,а).

Входящая кодограмма включает синхропоследовательность обеспечивающую тактовую синхронизацию и фазовый запуск, а так входящую посылку для BS (цифровую последовательность $n=78$ бит). Входящая кодограмма включает 2 кодовых слова. Первое кодовое слово содержит адрес вызываемой MS и регистрационный сигнал зоны сай-разделенные специальными битами.

Второе кодовое слово содержит адреса РГ и вызываемой MS, разделенные специальными битами. Биты информационной избыточности двух кодовых слов сосредоточены в конце входящей посылки.

Таблица 5.1

Цифровой протокол адресации по управляющему каналу

		Входящая посылка		n=78 бит	
	1 слово	n=27 бит	2 слово	n=27 бит	
Синхрон	Адрес	Спец. биты	Регистр	Адрес	Информационная
ослеживают	вызываемой	MS	MS	РГ	Вызываемой MS
ельность	шей	K=1 бит	ый сигнал	K=12 бит	ой MS
	MS	K=16 бит	K=10 бит	K=5 бит	K=10 бит
					r = 24 бит

б) Исходящая кодограмма

		Исходящая посылка		n = 168	
	1 слово	2 слово	1 слово	2 слово	
Адрес	Тип	Информ.	Адрес	Тип	Информ.
вызов	вызова	Избыточ.	вызываемой MS	вызова	избыточ.
K=5 бит	ч	R=63 бит	K=16 бит	K=5 бит	r=63 бит
MS					
K=16 бит					

5. Особенности построения цифровых транкинговых ССПС

5.1. Структурное построение цифровых транкинговых ССПС

Цифровые транкинговые ССПС в настоящее время активно внедряются в существующие телекоммуникационные системы, заменяя аналоговые системы. В системах групповой (транкинговой) радиосвязи широко применяются фирмы цифровые технологии TETRA, SECURENET, ASTRO, разработанные фирмой MOTOROLA. Наиболее функционально полной является технология ASTRO, разработанная для цифровой связи служб общественной безопасности стран североамериканского континента. Технология ASTRO использует протокол ARCS025, позволяющий реализовать перспективные цифровые способы передачи (приема) и совмещать работу с широко распространенными аналоговыми транкинговыми системами, обеспечивая митрационную гибкость при наращивании системы и увеличение площади покрытия. Протокол ARCS025 позволяет также строить систему связи по обычному (конвенциональному) принципу.

Технология ASTRO обеспечивает существенное повышение качества речевых сообщений и данных, расширение объема цифровых команд управления по сравнению с аналоговыми системами, более эффективное использование выделяемой полосы частот, гарантированное закрытие (конфиденциальность) информации.

Цифровые транкинговые ССПС, использующие технологию ASTRO, как и аналоговые транкинговые системы производства фирмы Моторола, могут строиться путем организации и наращивания односайтовых (SmartNet II ASTRO) или многосайтовых систем (SmartSone ASTRO). При планировании транкинговых систем и организации сайтов необходимо учитывать различные условия электромагнитного доступа MS и BS в пределах площадей электромагнитного покрытия. Это обусловлено различными выходными мощностями передатчиков MS и BS и степенью пересеченности местности зонами электромагнитного покрытия. Так, типовая издаваемая мощность портивных MS транкинговых систем составляет 2-5 Вт, бортовых MS - 15-100 Вт, а передатчиков BS - 25-350 Вт. Существенно различаются также используемые АФУ. В MS применяются штатные антенны с малыми коэффициентами направленного действия, а BS используют как правило специализированные (секториальные) АФУ. Неравенство в энергетических потенциалах дуплексных радиолиний между MS и BS приводит к наличию так называемых "мёртвых точек" в зонах обслуживания когда BS не принимает сигналы от MS, а MS принимают сигналы от BS с высоким качеством. Данный недостаток особенно проявляется в цифровых системах радиосвязи в виде регистрации больших "пачек" ошибок не подающихся исправлению. Эффект неравенства качества радиоканалов, создаваемых MS и BS в цифровых транкинговых системах, строящихся по технологии ASTRO, устраняется с

помощью использования так называемых удаленных приемников, размещенных соответствующим образом в зоне обслуживания и связанных соединительными линиями (СЛ) с ASTRO-компаратором (рис.5.4). ASTRO-компаратор принимает цифровые сигналы передающей MS сразу от нескольких удаленных приемников. Это позволяет отслеживать качество сигнала и выбирать удаленный приемник, который принимает сигнал с наименьшими искажениями. Такая структура наделает систему способностью "голосовать" то есть выбирать наиболее качественный канал из множества к создаваемым различными распределочными приемниками. С транкинговой связи, наделенные способностью "голосовать", часто настраиваются полными покрытиями зоны обслуживания (Total Area Coverage -

Базовое оборудование односайтовой системы включает диспетчерский пульт, интерконнект, контроллер сайта, ASTRO-компаратор, полнодуплексный ретранслятор, каналообразующее оборудование и удаленные приемники. Технология ASTRO позволяет использовать до 16 удаленных приемников при одном полнодуплексном ретрансляторе.

Диспетчерский пульт содержит центральный электронный блок (Electronic Bank - EEB), который соединяется с цифровым интерфейсным модулем АСІМ (ASTRO Control Interface Module). Модуль обеспечивает ввод сигналов от цифровых интерфейсов DIU и интерфейс статуса STIM. Цифровые интерфейсы DIU (Digital Interface) обеспечивают возможность организации как цифровой так и аналогового в системе. Они являются специальными групповыми преобразователями применяемыми для преобразования аудиосигналов в цифровую форму. Интерфейсы цифровых сигналов в аналоговую форму. Интерфейсы каналообразующего оборудования и портов ASTRO-компаратора управляют системным контроллером диспетчерского пульта, который обеспечивает взаимодействие между ними, а также с интерфейсами интерконнекта сайта контроллера. Каналообразующее оборудование применяется в связи базового оборудования сайта с диспетчерским пультом. Для того чтобы сигналы могли передаваться по 4-х проводным соединительным линиям в состав портов ASTRO-компаратора, удаленных приемников базового ретранслятора выводятся ASTRO-модемы или специализированное оборудование, обеспечивающее передачу информации со скоростью 9,6 кбит/с.

При работе с аналоговыми станциями цифровой интерфейс обеспечивает преобразование аналоговых сигналов в сигналы DIU/VSELP или IMBE) при приеме сообщений от интерконнекта или от ASTRO-компаратора. Интерфейс информационного канала STIM служит для получения от ASTRO-компаратора информации о статусе терминального обслуживания удаленными приемниками, что позволяет определять удаленные приемники не были задействованы системой.

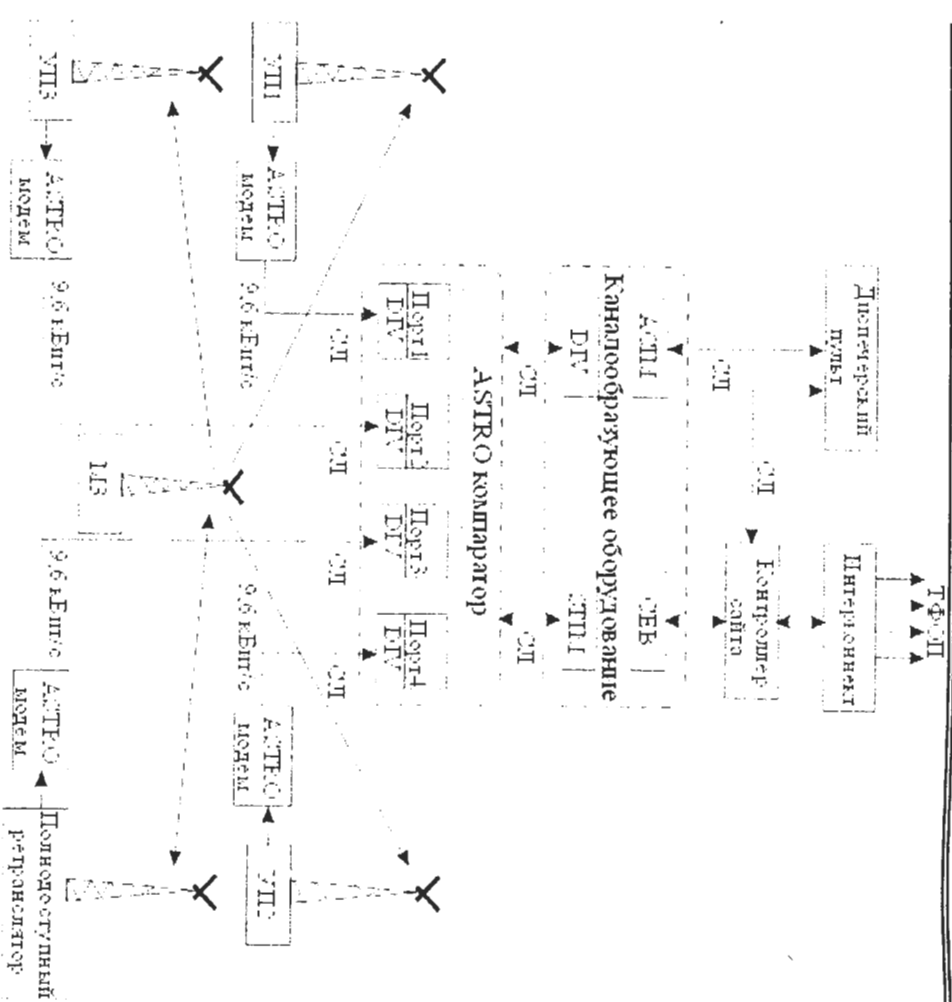


Рис.5.4. Структура цифровой транкинговой SSPS SmartNet II Astro

Построение "голосующей" цифровой системы оказывается невозможным без обеспечение жесткой синхронизации элементов системы (удаленных приемников и ретранслятора) в пределах зоны обслуживания.

Особенностью цифровой транкинговой системы связи, использующей технологию ASTRO, является то, что голосующим элементом является не MS, а ASTRO-компаратор, который обеспечивает синхронный прием сигналов от ретранслятора и нескольких удаленных приемников.

В соответствии с алгоритмом работы транкинговой системы MS принимают цифровые сигналы управления, поступающие от контроллера сайта через компаратор и ретранслятор, изучающий на общей рабочей частоте (общем канале управления). Принятые сигналы отправляются обратно на компаратор по нескольким каналам, где сравниваются. Оценка ведется по принципу наименьшего искажения принимаемой цифровой последовательности.

Диспетчером, осуществляющим наблюдение за всеми передаваемыми принимаемыми сигналами, имеющим приоритетное право доступа к связи в системе, является системный контроллер диспетчерского пульта.

При использовании большого количества удаленных приемников в пределах зоны обслуживания система образует единый неде "суперсайт". Такой суперсайт может, в дальнейшем, войти в состав многосайтовой (зоновой) связи SmartZone на правах отдельного сайта.

Обеспечение жесткой синхронизации приемников и передатчиков цифровой транкинговой системы, использующей технологию ASTRO, осуществляется на основе использования спутниковой системы применяемой для глобального позиционирования объектов на поверхности земли. При этом удаленные приемники и передатчики ретрансляторов должны работать в режиме внешней синхронизации от приемника системы, размещаемого совместно с базовым оборудованием. Число опорного задающего генератора системы GPS имеет точность до $\pm 0,1$ обеспечиваемая рубидиевым эталоном.

Технология ASTRO позволяет формировать также гибридную аналогово-цифровую транкинговую систему. В этом случае при оборудовании системы может включаться как цифровые радиостанции ASTRO XTSS3000 и ASTRO Digital SPECTRA, так и аналоговые станции LCS/LTS2000, MCS/MTS2000). Однако разнородные группы, формируемые аналоговыми MS, не могут работать в режиме цифрового информирования.

Технология ASTRO позволяет использовать радиоканалы с шагом частот 12,5 и 25 кГц при работе в аналоговом и цифровом режиме. Шифрование сигналов при работе в цифровом режиме с шагом частоты 12,5 кГц осуществляется по технологии SecureNet. При работе с шагом частоты 12,5 кГц используется специальное ASTRO-шифрование. Цифровое шифрование позволяет удвоить количество рабочих частот. Это обеспечивает существенное повышение эффективности системы с синхронным изучением за счет увеличения количества одновременно работающих MS.

Гибридный принцип ASTRO-технологии кроме формирования цифровых управляющих сигналов позволяет обеспечивать:

- формирование субтоновых управляющих сигналов в течение всего времени связи с непрерывной передачей данных о характере сеанса (обеспечение групповых и индивидуальных разговоров);
- непрерывной передачи идентификационных данных (номера) разговора группы, индивидуального номера абонентов при избирательном в защите от несанкционированного прослушивания разговора в неправильного подключения радиостанции к голосовому каналу;
- оповещения абонента об активности приоритетных разговоров аварийное распределение радиоканалов абонентов в системе);
- динамическое распределение радиоканалов контроллером сайта в режиме ведения полудуплексной связи;

- формирование гибкой системы приоритетов с организацией очереди обслуживания запросов на установление и продолжение сеансов связи;
- обеспечение функции администрирования абонентов системы (отключение MS из системы в случае ее утери, определение доступа к телефонному интернетконекту, перегруппировка разговорных групп при изменении оперативной обстановки).

5.2. Особенности построения цифровых многосайтовых систем связи

Построение цифровых многосайтовых систем возможно как простым наращиванием односайтовых систем с базовыми контроллерами типа SmartNet ASTRO, так и формирования многосайтовой системы SmartNet Some ASTRO. Первый путь создания многосайтовых систем не требует замены существующего базового оборудования. При этом многосайтовая система будет сохранять основные функциональные возможности односайтовых систем.

- Многосайтовая система SmartNet Some ASTRO наделяется дополнительными функциями, увеличивающими ее функциональные возможности. К ним относятся:
- программирование списка сайтов системы;
 - контроль выхода MS за пределы зоны радиопокрытия сайта и определение ее местонахождения в пределах других сайтов;
 - предоставление голосовых каналов и каналов ЦД MS различных сайтов с указанием номеров сайтов, номеров разговорных групп и индивидуальных номеров MS, которым выделяется голосовые радиоканалы;
 - формирование команд зоновой сигнализации, используемых для сквозного управления системой;
 - непрерывная передача по управляющим каналам сайтов и каналам инфраструктуры системы сигналов управления по непрерывному контролю качества сквозного канала и динамической смене радиоканалов при их порожении в процессе ведения связи;
 - автоматическая регистрация MS в сайте и в системе.
 - непрерывный мониторинг разговорных каналов сайтов и прогнозированное системное ранжирование каналов по их качеству;
 - разрешение или запрещение принципа динамического распределения каналов для системы в целом;
 - централизованное предоставление каналов выделенным абонентам системы для связи с абонентами сети ТФОП;
 - одновременный вызов нескольких разговорных групп или всех пользователей системы и передача общей информации или команды тревоги;
 - динамическое перегруппирование разговорных групп в сайтах;
 - обеспечение самодиагностики отдельных компонентов и всей системы.
- К операторским функциям и функциям вызова абонентов системы SmartNet Some ASTRO относятся:
- групповой вызов разговорной группы.

- избирательный селективный вызов отдельного абонента системы.
 - в пределах одного сайта, в пределах списка сайтов и в пределах системы;
 - автоматическая регистрация радиостанции в новом сайте.
- Технология ASTRO позволяет формировать многосайтовую включающую 48 сайтов с высокой и низкой плотностью с общим количеством абонентов 48000 абонентов в зоне обслуживания.

Структурная схема цифровой многосайтовой транкинговой системы приведена на рис.5.5. Для системного обмена междусайтовыми цифровыми потоками управление оборудованием включает зонный коммутатор персональных (ЗКПД), зонное каналообразующее оборудование (ЗКО), зонный контроллер (ЗК), зонный аудиокоммутатор (ЗАК) и зонный телеинтерконнект (ЗИ). Обмен большими цифровыми потоками в реальном времени обеспечивается быстродействующими интерфейсами RS 422 преобразования сигналов аналоговой формы в цифровую и обратно элемент системы ЦД между сайтами используют 4-х проводное включение с возможной передачей цифровых потоков не менее 2,048 Мбит/с. Удаленные прием многосайтовой системы могут заменяться полевыми ретрансляторами обеспечивающими не только функции приема, но и функции передачи цифровых сигналов.

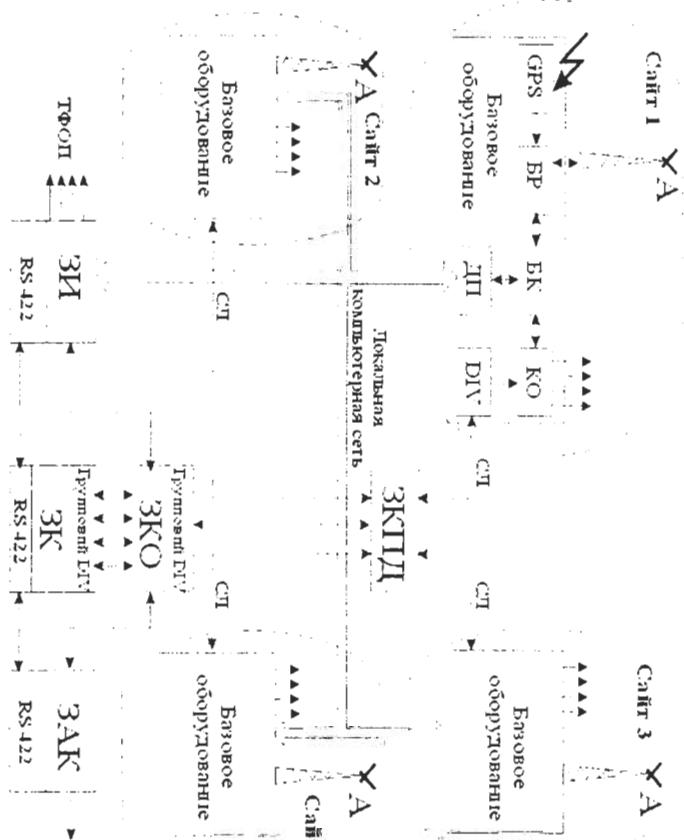


Рис.5.5. Структура цифровой многосайтовой ССТС SmartZone ASTRO

Центральный ЭИ интерконнект должен обеспечивать (согласно рекомендациям СС1ТТ G703) передачу входящих и исходящих вызовов в сеть ТФОП по цифровым соединительным линиям (30 голосовых каналов, скорость передачи 2,048 Мбит/с, кодирование НДВЗ).

Максимальная конфигурация центрального ЭИ, управляемого ЭК, включает до 8 телефонных интерконнектов типа МВХ (каждый МВХ имеет возможность подключения до 21 линии, имеет адресное пространство для обслуживания до 1000 радиотелефонных абонентов).

Центральный контроллер зоны (ЭК) обеспечивает обработку вызовов и управление всеми ресурсами системы. Конфигурация контроллера выполнена с дублированием его основных узлов с целью повышения надежности работы системы в целом.

Параметры контроллера зоны программируются и контролируются сетью управляющих терминалов, подключенных к контроллеру зоны через локальную компьютерную сеть типа Ethernet.

Диспетчерские пульты сайтов по локальной сети передают на зонный контроллер информацию о сайтовой конфигурации, статусе элементов сайтов, управлении ресурсами, контроле активности пользователей.

Аудиотракты коммутируются в центральном системном ЗАК в виде стандартных потоков E1 (2,048Мбит/с, код НДВЗ, рекомендации СС1ТТ G703). Каналообразующее оборудование должно обеспечивать привязку оборудования соединительным линиям, но и создавать физический стык с оптоволоконными каналами, витыми парами, коаксиальными кабелями и радиорелейными каналами.

Использование стандартной сигнализации управляющего канала системы SmartNet II ASTRO позволяет наращивать существующие системы до уровня многозвонной (общенациональной) сети Omnipark. Для этого в системе предусмотрена возможность применения FLASHrot технологии для загрузки дополнительного программного обеспечения.

5.3. Структурная схема и особенности функционирования мобильной станции цифровой технологии ASTRO

Структурная схема MS цифровой технологии ASTRO показана на рис.5.6.

Основными функциональными узлами мобильной станции являются :

- интерфейс пользователя;
- тракты приема и передачи (ВЧ);
- тракты обработки цифровых сигналов речи, данных и сигнализации при приеме и передаче сообщений.

Цифровые сообщения в радиоканале передаются со скоростью 9,6 кбит/с.

При передаче речевых сообщений аудиосигналы поступают от микрофона (МКФ) интерфейса пользователя в декодер (тракт передачи), где они преобразуются в цифровую последовательность 4,8 кбит/с. В декодере (voice coder/decoder - голосовой кодер/декодер) применяется специальная технология

преобразования аудиосигнала в цифровой вид и обратно. Вокодер, используемый в мобильных радиостанциях по технологии ASTRO, реализуется на высокоскоростного цифрового сигнального процессора (Digital Signal Processor) в интегральном исполнении.

С выхода тракта передачи вокодера цифровая последовательность поступает в помехоустойчивый кодер речи 2,1 кбит/с непосредственно, ли тракт шифрования (пунктир). С выхода кодера речи 2,1 кбит/с сигнал цифровой форме поступает в тракт цифровой сигнализации 2,7 кбит/с, где добавляются цифровые сигналы системного управления и формируется кодграмма с выхода тракта сигнализации подается в 4-х уровневый модулированный цифровой последовательность далее поступает в тракт (ВЧ) мобильной станции.

При передаче данных последовательность со скоростью 9,6 от внешних устройств поступает на интерфейс ПД интерфейса пользователя далее непосредственно либо через тракт шифрования (пунктир) со скоростью 4,8 кбит/с подается на помехоустойчивый кодер ПД 2,4 кбит/с.

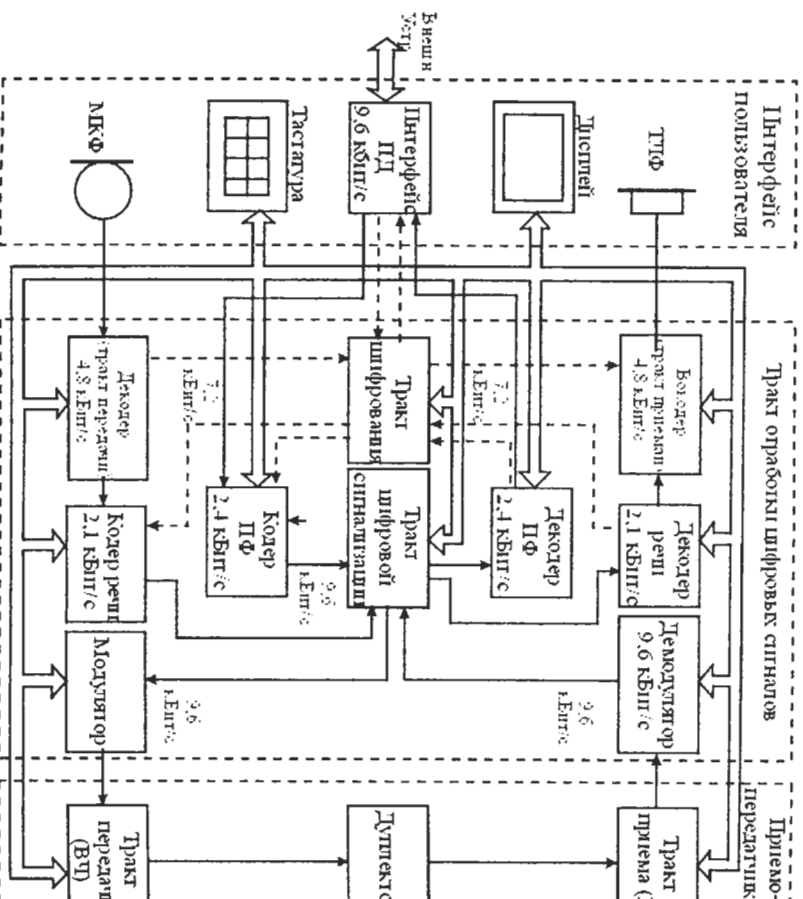


Рис.5.6. Структурная схема мобильной станции цифровой технологии ASTRO

С выхода помехоустойчивого кодера ПД цифровая последовательность со скоростью 9,6 кбит/с поступает в тракт цифровой сигнализации и далее в 4-х уровневый модулятор. При приеме голосовых сообщений и данных модулированные цифровые последовательности с выхода тракта приема (ВЧ) мобильной станции поступают в 4-уровневый демодулятор и далее со скоростью 9,6 кбит/с на входы тракта цифровой сигнализации. В тракте цифровой сигнализации из принимаемой кодограммы выделяются сигналы системного управления, а цифровые сигналы речи подаются в помехоустойчивый декодер речи 2,1 кбит/с. С выхода декодера речи цифровой поток поступает на вход вокодера (тракт приема) непосредственно либо через тракт шифрования (пунктир). В тракте приема вокодера цифровые последовательности речевых сообщений со скоростью 4,8 кбит/с методом дельта-модуляции (CVSD-Continuously Variable Slope Delta - дельта-модуляция с непрерывно изменяющейся крутизной) преобразуются в аналоговые сигналы. Далее аудиосигналы (речевые сообщения в аналоговой форме) поступают на телефон (ТДФ) интерфейса пользователя.

При приеме данных цифровые последовательности с выхода тракта цифровой сигнализации поступают в помехоустойчивый декодер 2,4 кбит/с и далее непосредственно либо через тракт шифрования (пунктир) подаются в интерфейс ПД.

Особенности построения вокодера.

Технология ASTRO реализует вокодеры двух типов:

- линейное экстраполирующее кодирование LPC (Linear Predictive Coding), или "VSELP" (Vestor Sum Excited Linear Predictor - линейный экстраполлятор векторной суммы);

- кодирование, использующее метод улучшения многополосного возбуждения IMBE (Improved Multi-Band Excitation).

Методы кодирования VSELP и IMBE позволяют эффективно использовать вокодеры при сравнительно низких скоростях передачи (9,6 кбит/с) в радиоканалах с полосами частот 25 или 12,5 кГц.

Метод линейного экстраполирующего кодирования LPC учитывает спектральный состав человеческого голоса и предсказывает мгновенные изменения в аудиосигнале. Для этого используются группы цифровых фильтров, которые эффективно имитируют особенности голосового спектра.

В тракте передачи вокодера входное голосовое сообщение анализируется, создаются мгновенные математические модели голосового сигнала (формируется "кодовая книга" известных голосовых сочетаний) и подбираются цифровые фильтры к исходному голосовому сигналу. При передаче сообщения по радиоканалу в составе команд цифровой сигнализации передаются основные коды векторов кодовой книги для использования поискового просмотра при обработке голоса на приемной стороне.

В тракте приема вокодера осуществляется обратное преобразование при котором на основе полученных векторов кодовой книги подбираются группы фильтров для синтеза голоса говорящего абонента.

Так, для определения сегмента голоса длительностью 30 мс форма кода вектора значающей 144 бита. Это определяет конечную преобразования вокодера, которая составляет 4,8 кбит/с.

Вокодер IMBE использует метод улучшения многополосного возбуждения IMBE (Improved Multi-Band Excitation), обеспечивая высокую надежность приема в условиях повышенных аудиощумов и бокового шума в каналах мобильной связи. Вокодер IMBE с наиболее перспективным для низкоскоростных систем сжатия и передачи голосовой информации.

При кодировании методом IMBE вокодер разделяет каждый сегмент на совокупность узкополосных сигналов и анализирует их на присутствие/отсутствия в них голосоподобного сигнала. Это позволяет синтезировать возбуждающий сигнал для воссоздания начального голосового сообщения на приемной без использования кодовой книги и из значительного объема вычислений при обработке голосовых сигналов. Вследствие этого IMBE-вокодер оказывается более прост в конструкции дорог в реализации.

Особенности построения тракта шифрования

Цифровое шифрование является одной из важнейших функций цифровой системы радиосвязи затрудняющее несанкционированное прослушивание или дешифрование ранее записанной цифровой информации. Цифровое шифрование заключается в выполнении процедуры комплексного нелинейного алгоритма с использованием задаваемого пользователем шифрования. Алгоритмы шифрования являются комплексными нелинейными функциями, которые обрабатывают информацию побитно и парами, которых определяются произвольно выбранным ключом шифрования. Процесс шифрования основан на сложении по модулю два цифровых последовательности шифровального ключа с цифровой последовательностью цифрового информационного потока. В соответствии с алгоритмом шифрования генерируется псевдослучайная двоичная последовательность, которая накладывается на цифровой сигнал.

Реализация процесса шифрования при работе цифровой системы радиосвязи возможна только при наличии системной синхронизации.

Технология ASTRO использует два различных алгоритма шифрования. Закрытый алгоритм DVP позволяет получить $2,4 \cdot 10^8$ ключей алгоритм DVP-XL - $7,9 \cdot 10^{11}$ ключей шифрования. Каждая мобильная станция может использовать до 16 шифровальных ключей (ключи могут быть необходимы распределены между разными алгоритмами шифрования).

- Метод шифрования, реализуемый системой ASTRO обеспечивает:
 - сохранение качества передачи и приема сообщения при смене шифрования;

- отсутствие прерывание голоса в начале шифрованного сообщения, поскольку синхронизация шифрования осуществляется по сигналам встроенной цифровой сигнализации;
- гарантированную скрытность переговоров;
- возможность использования цифровой сигнализации для осуществления перекодирования мобильных станций по радиоканалу.

Особенности работы помехоустойчивых кодеков.

Реальные радиоканалы мобильной связи характеризуются наличием аддитивных и мультипликативных помех. При работе системы это приводит к искажению формы цифровых сигналов и в результате может привести к существенному ухудшению качества связи.

Для коррекции ошибок в цифровые последовательности речи и передачи данных с помощью кодеков 2,1 кбит/с и 2,4 кбит/с соответственно вводятся информациональная избыточность путем добавления проверочных битов. Особенностью декодеров технологии ASTRO является способность исправлять ошибки до тех пор, пока количество ошибок не превышает информациональную избыточность цифрового сигнала. При превышении количества ошибок информациональной избыточности декодеры используют часть прежней правильно принятой информации для предсказания возможности восстановления искаженной части. При этом синтезируется искаженная часть информации и вставляется на место искаженной части цифровой последовательности.

Использование помехоустойчивых кодеков речи со скоростью 2,1 кбит/с в мобильных станциях позволяет эффективно минимизировать шумовой эффект в каналах и получить хорошее качество восстановленной речи. При этом нет необходимости в полном восстановлении цифровой формы голоса, ибо это требует значительного увеличения скорости передачи данных по радиоканалу. Таким образом, используемые кодеки в цифровой транкинговой системе позволяют обеспечить более высокий и устойчивый уровень качества звука по всей зоне радиопокрытия по сравнению с аналоговыми системами радиосвязи.

Особенности трафика цифровой сигнализации.

Способность распознавать передаваемые цифровые сигналы своей системы принимаемом цифровом потоке и не реагировать на случайные и имитируемые цифровые сигналы помех в транкинговой связи основана на введении специальной цифровой сигнализации, передаваемой вместе с речевой информацией.

В существующих системах транкинговой радиосвязи в качестве цифровой сигнализации используются:

- кодированные управляющие сигналы PL и DPL (субтоны), применяемые для избирательного доступа к ретранслятору;

- идентификационные коды абонентских радиостанций, примененные для избирательного вызова абонента и определены идентификационного номера (ID);
- цифровая синхронизация процесса шифрования переговоров идентификации различных цифровых шифровальных ключей
- сигналы срочного вызова для немедленного оповещения критической ситуации.

В аналоговых системах, существует два способа пересылки информации, которые передаются одновременно с голосом. Исполн субтонового диапазона частот в виде тональных сигналов или низкоскоростных данных позволяет избежать интерференции с фрагментами передаваемого голосового сигнала.

Предварительная сигнализация - пакет сигнальной и управляющей информации, посылаемая до начала голосового сообщения в форме сигналов или в виде низкоскоростных данных.

Несмотря на то, что две эти схемы сигнализации довольно эффективны при передаче информации, они все же имеют серьезные недостатки. Субтоновая сигнализация в нижней полосе голосового диапазона ограничивает возможность передачи команд, поскольку передается с небольшой скоростью около 150 бит/с. Предварительная сигнализация уменьшает время доступа к каналу связи.

Передача голоса не может начаться до тех пор, пока не будет заведена передача информации, хотя в этом случае может передаваться информация, чем в субтоновом режиме. Это ведет к потере начала сообщения, так как абонент может реально начать разговор до того, радиостанция будет готова к передаче голоса. Таким образом, длительность предварительной сигнализации должна быть сведена к минимуму. В ASTRO используется широкий набор цифровых сигналов и команд, внедряются в общий информациональный поток. При поступлении к управлению *вызов* (при нажатии кнопки РТТ) вокодер радио немедленно начинает формирование речевого сигнала. При обнаружении достаточного количества речевого сигнала начинается смешивание с речью и сигнализации. Такая последовательность обработки позволяет устранить потери информации в начале сообщения.

Сформированный цифровой поток комбинированной речевой сигнальной информации поступает в модулятор для передачи по радиоканалу. Встроенная сигнализация объединяет в себе положительные качества описанных выше субтонового и предварительного способов аналоговой сигнализации. Это позволяет системе ASTRO обеспечивать пропускную способность на уровне способа предварительной сигнализации, при этом сохраняя непрерывное кодирование в ходе всего речевого сообщения, что достигается только в системе аналоговой субтоновой сигнализации.

Сочетание непрерывной сигнализации с высокой пропускной способностью ASTRO оперативно предоставляет полную информацию радиостанциям в двух особо важных фазах осуществления сеанса связи:

- поздний вход в разговор, когда радиостанция начинает контролировать цифровой голосовой канал в середине сеанса связи разговорной группы;
- повторный вход в разговор, когда MS утрачивает возможность контроля цифрового голосового канала в середине сеанса связи разговорной группы, а затем вновь обретает ее.

К принципиально новым свойствам цифровой сигнализации относятся: возможность непрерывного повторения сигнальной информации во время всей передачи голоса до тех пор, пока состояние радиостанции не изменится. Это позволяет принимающим ASTRO станциям получать необходимую информацию управления в процессе разговора.

Применение универсального идентификационного номера системы радиосвязи (Network ID), используемого в радиостанциях для доступа к инфраструктуре системы, а также для скрытой настройки системы путем использования индивидуального для каждой системы кодирующего полинома.

Передана идентификационных номеров источника и пункта назначения. Это идентификационные номера полемых абонентских радиостанций которые могут быть использованы для отображения номера передающей радиостанции или для избирательного вызова. Идентификационный номер постоянно передается вместе с речевым сигналом, тогда как в системе предварительной сигнализации он передается только однажды и может быть утрачен.

Применение группового идентификационного номера, используемого для обозначения разговорной группы и группового вызова.

Применение синхронизации шифрования, используемой для поддержания синхронизации вокодеров передающей и принимающей радиостанций во время выполнения шифрованной передачи голоса.

Применение сигналов тревоги, передаваемых пользователями в критической ситуации.

К новым свойствам встроенной цифровой системой сигнализации относится использование идентификационного номера шифра, передаваемого в процессе связи для определения конкретного ключа дешифрования речевого сообщения.

Применение сигнальной информации для адаптации системы по мощности, позволяющей определять пределы области действия радиостанции и регулировать уровни мощности портативных передатчиков.

Применение информационной избыточности в системе сигнализации для защиты от ошибок.

Особенности построения цифровых модемов.

Выбор вида модуляции при построении систем с ограниченными частотным ресурсом является одним из ключевых моментов, определяющим общее количество свободно-доступных каналов.

Технология ASTRO, использует четырехуровневую частотно-модуляцию (SC4FM), совместимую с квадратурной-фазовой манипуляцией (QPSK). Существо применяемой манипуляции состоит в том, что MS передатчика при поступлении на его вход случайного цифрового 111001011100 формирует посылки (боды) в соответствии с класс парой битов информации 00, 01, 10, 11 (четыре уровня). Таким образом, связи передаются уровни 11, 10, 01, 01, 01, 11, 00. Скорость передачи оказывается в два раза меньшей (4,8 кбит/с) по сравнению со скоростью передачи цифрового потока (9,6 кбит/с). Частота посылки передается сдвинутой относительно среднего значения (частоты на по четырем положениям:

00 - сдвиг частоты посылки +0,6 кГц;

01 - сдвиг частоты посылки +1,8 кГц;

10 - сдвиг частоты посылки -0,6 кГц;

11 - сдвиг частоты посылки -1,8 кГц.

В демодуляторе приемника исходный цифровой восстанавливается.

5.4. Технические характеристики и конструкция портативных и бор радиостанций технологии ASTRO

Портативные цифровые радиостанции стандарта ASTRO выпускаются для работы в диапазоне 136-174 МГц (VHF), 403-470, 450- (UHF), а также в диапазонах 806-821 МГц – передатча, 851-869 МГц – перед 869 МГц – прием.

Портативные цифровые радиостанции ASTRO XTS3000 (I и III) имеют общую конструктивную платформу и один общий пакет программ обеспечения.

Конструктивная платформа включает:

- 16-ти позиционный переключатель режимов шифрования;
- двухпозиционный концентральный программный переключатель ручку включения и выключения станции (регулятор громкости);
- трехпозиционный программируемый тумблер;
- кнопку "TRIGGER";

программируемую кнопку #1-3 для выбора режимов PL/DPL, вк подсветки индикатора и клавиш и переход на связь в режиме видимости;

- кнопку (тангента) включения передатчика (PTT);
- универсальный разъем для RSS программирования радио устройств шифровальных ключей и подключения к периферийным устройствам передачи данных;
- индикатор разряда батареи;
- антенну.

Пакет программного обеспечения включает:

- "обычный пакет" H35 ("Conventional Package" H35), определяющий стандартные режимы и сигнализацию (систему команд) Start-Alert
- пакет H36 - для работы в 5-канальной односайтовой системе StartSite;
- пакет H37 - для работы в односайтовых системах SmartWorks (до 7 каналов) и SmartNet (до 28 каналов);
- пакет H38 — для работы в многосайтовой системе "SmartZone" (максимальная емкость до 48 сайтов, до 28 каналов в каждом сайте).

К дополнительным принадлежностям радиостанции ASTRO XTS3000 относятся:

- автомобильный адаптер ASTRO (AVA) позволяет устанавливать портативные станции в автомобиль и использовать их в качестве автомобильных, используя при этом бортовое питание и, при необходимости, усилитель мощности;
- усилители мощности для частотных диапазонов VHF, UHF и диапазона 800 МГц;
- никель-кадмиевые (NiCd) батареи сверхвысокой емкости 1500 мАч и средней емкости 1300 мАч;
- зарядные устройства от сети 220В, 50Гц.
- головные гарнитуры с полным охватом головы, 2 наушника, ручной микрофон или микрофон на кронштейне;
- гарнитура с одним наушником, ручной микрофон или микрофон;
- ушная микрофонная система; передает голос через вибрацию кости в канале уха;

- аудиопринадлежности (выносной громкоговоритель/микрофон).

Бортовые (бортные) мобильные цифровые радиостанции ASTRO Digital SPECTRA построены с использованием микропроцессорной технологии и самых передовых цифровых технологий, что обеспечивает их высокую функциональную гибкость.

Мобильные цифровые радиостанции ASTRO Digital SPECTRA выпускаются в пяти различных модификациях:

- ASTRO Digital SPECTRA W3, программируемые на 255 каналов с буквенно-цифровым жидкокристаллическим индикатором ЖКИ (2 строки - 14 знаков), клавиатура 3x6, включая 3 ключа программирования, обеспечивающих быстрый доступ к режимам путем выбора необходимого режима из заранее запрограммированного меню;
- ASTRO Digital SPECTRA W4, программируемые на 128 каналов с буквенно-цифровым вакуумнолюминисцентным индикатором ВЛ и вращающимися ручками поиска каналов и изменения громкости, обеспечивающих возможность управления различными внешними устройствами (сирена, фары) через внешний дополнительный блок DEK Sign/PA, работу в многосайтовой системе в случае зональной транкинговой связи;

- ASTRO Digital SPECTRA W5, программируемые на 128 каналов с буквенно-цифровым вакуумнолюминисцентным индикатором строка - 8 знаков), электронным переключателем каналов и регулятором громкости, возможностью работы в многосайтовой системе зональной транкинговой связи.
- ASTRO Digital SPECTRA W7, программируемые на 255 каналов с буквенно-цифровым вакуумнолюминисцентным индикатором строка - 8 знаков), клавиатурой 3x4, обеспечивающей ввод тел номеров, идентификационных номеров радиостанций, возможность управления различными внешними устройствами (сирена, фары) через внешний дополнительный блок DEK Sign/PA, способностью в многосайтовой системе в случае зональной транкинговой связи.

- ASTRO Digital SPECTRA W9, программируемые на 255 каналов с буквенно-цифровым вакуумнолюминисцентным индикатором строка - 8 знаков), клавиатурой 3x4, обеспечивающей ввод тел номеров и идентификационных номеров радиостанций, возможность управления различными внешними устройствами (сирена, фары) через внешний дополнительный блок DEK Sign/PA, способностью в многосайтовой системе в случае зональной транкинговой связи.

Технические характеристики бортовых мобильных радиостанций SPECTRA показаны в табл. 5.3.

Таблица

Полоса	Частотный диапазон	Выходная мощность передатчика
VHF	136-162 МГц	программируемая 25...50 Вт
	146-174 МГц	программируемая 50...100 Вт
		программируемая 25...50 Вт
UHF	403-433 МГц	программируемая 25...50 Вт
	438-470 МГц	программируемая 10...25 Вт
	450-482 МГц	программируемая 20...40 Вт
	482-512 МГц	программируемая 50...100 Вт
		программируемая 20...40 Вт
		программируемая 50...70 Вт
800 МГц	806-821 МГц (передача)	35 Вт
	851-869 МГц (передача)	35 Вт
	851-869 МГц (прием)	35 Вт

Бортовые мобильные цифровые радиостанции ASTRO Digital SPECTRA имеют одну общую конструктивную платформу (W3, W4, W5, W7 и W9) и общий пакет программного обеспечения. Каждая радиостанция заказывается с одним из имеющихся пакетов системного программного обеспечения.

- "Обычный пакет" H35 ("Conventional Package" H35) включает в себя стандартные режимы и сигнализацию (систему команд) Start-Alert, пакет H36 - для работы в 5-канальной односайтовой системе StatSite;
- пакет H37 - для работы в односайтовых системах SmartWorks (до 7 каналов) и SmartNet (до 28 каналов);
- пакет H38 - для работы в многосайтовой системе "SmartZone" (максимальная емкость до 48 сайтов, до 28 каналов в каждом сайте, возможна многозонавая система с распределенным контрольным оборудованием).

Мобильные цифровые радиостанции ASTRO Digital SPECTRA обеспечивают шифрованную радиосвязь при использовании цифровых режимов передачи голоса со скоростью:

- 9,6 кбит/с - протокол передачи цифрового аудиосигнала VSELP ASTRO;
- 9,6 кбит/с - протокол передачи цифрового аудиосигнала IMBE (Согласно протоколу ARS025);
- 12 кбит/с - протокол передачи цифрового аудиосигнала CVSD SecureNet.

В шифрованном режиме ASTRO используется алгоритм синхронизации шифрования/дешифрования "XL" (синхронизация методом вектора инициализации), а при работе в режиме SecureNet используется как алгоритм "XL", так и "non-XL" (синхронизация по кодированной последовательности). Режим шифрования голоса предварительно программируется при помощи сервисного программного обеспечения RSS.

Для ввода в мобильные цифровые радиостанции ASTRO Digital SPECTRA ключей шифрования применяется загрузчик ключей KVL (Key Variable Loader) серии "DX". В цифровой системе радиосвязи ASTRO для каждого ключа шифрования предусматривается уникальный (единственный) идентификационный номер. Ключи шифрования, хранящиеся в памяти мобильных радиостанций ASTRO Digital SPECTRA (W4, W5, W7, W9) могут быть стёрты при помощи соответствующей функции в меню защиты.

Такая защита ключей является функцией режима энергонезависимого хранения (Volatile Key Storage).

Стандартная функция в каждом шифровальном блоке позволяет уничтожать ключи в случае, если сменило ЭУ с произвольным доступом (RAM). При потере питания станции более чем на 30 сек., ключ, используемый для шифрования/дешифрования ключей связи, также стирается, что делает невозможным использование ключей связи.

Для сохранения начальных ключей (сохранения ключей после потери питания более чем на 30 сек.) радиостанция может быть запрограммирована (через RSS) в режим энергонезависимого хранения ключа (Non-Volatile Key Storage), который оставляет ключ (ключи) нетронутыми даже при потере питания в течение 5 дней. Для более продолжительного периода необходимо подключить дополнительные блоки питания.

Для установки в автомобиле радиостанции ASTRO Digital SPECTRA используется набор различных принадлежностей:

- ручной микрофон или полудуплексная телефонная трубка;
- внешние громкоговорители различной мощности с набором крепления;
- кронштейны и приспособления для крепления различных типов;
- мобильная антенна 1/4 волны или 3/5 волны с механически магнитным креплением;
- кабель питания для подключения к бортовой электросети 12В;
- клавиатура прямого ввода (ДЕК) для инициализации запрограммированной функции нажатием кнопки для включения динамика для громких объявлений и включения сирены;
- замок блокировки радиостанции;
- ножная кнопка для подачи сигнала тревоги;
- описание радиостанции.

Для настольной установки радиостанции в качестве диспетчера дополнительно поставляется:

- настольный микрофон;
- подставка для радиостанции со встроенным громкоговорителем;
- стационарные антенны с различными диаграммами направленного излучения коаксиальные кабели, устройства молниезащиты для коаксиальных кабелей;
- блок питания от сети 220В 50Гц;
- описание радиостанции.

МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОГО РАДИОВЫЗОВА (СПРВ)

1. Принципы построения мобильных СПРВ

Мобильные системы персонального радиовызова (СПРВ) предназначены для организации вызова абонентов, местоположение которых неизвестно. Так как абоненты системы могут перемещаться в пространстве (являются мобильными), то процесс вызова требуемого абонента соответствует его поиску. Поэтому такие системы часто называются поисковыми или *нейджинговыми* системами (от англ. *raging* - поиск). Каждый мобильный абонент системы имеет индивидуальное радиоприемное устройство - *нейджер* (миниатюрный радиоприемник с встроенной антенной).

В отличие от готовых и транкинговых систем мобильной радиосвязи, использующих общую группу свободно-доступных рабочих частот (trunk), пейджинговые системы работают на одной рабочей частоте, на которую настраиваются базовый радиопередатчик и пейджеры системы.

Вызов требуемого мобильного абонента осуществляется путем передачи цифровой кодограммы, содержащей номер (адрес) вызываемого пейджера. Другие пейджеры отвергают этот адрес как чужеродный сигнал внешней помехи. Кроме адресного признака кодограмма вызова включает также информационную часть, состоящую из совокупности формализованных команд и сообщений, в соответствии с которыми действует пользователь пейджера.

Вызывающим абонентом является стационарной телефонной сети общего пользования (ТФОП), который осуществляет заявку на вызов. Заявка на вызов по телефону через АТС поступает на *контрольно-оконечную станцию* (КОС) системы персонального радиовызова, которая формирует кодограмму вызова и подает ее на базовый радиопередатчик по модуляционной линии (рис. 6.1).

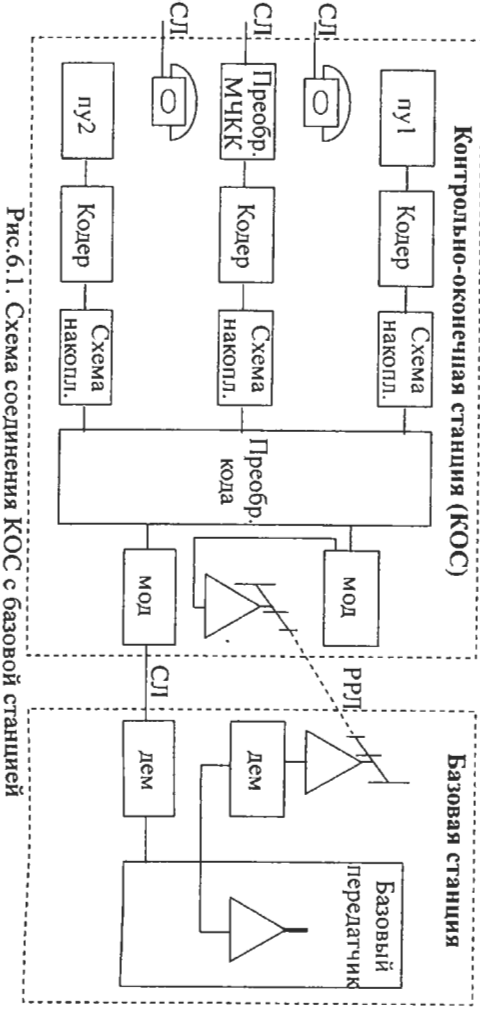


Рис. 6.1. Схема соединения КОС с базовой станцией

Мобильные системы персонального радиовызова (СПРВ)

Пейджинговая радиосистема, предназначенная для обслуживания пользователей, может рассматриваться как специфическая система управления, для которой должны выполняться требования:

- передачи заданного объема сообщений - V_c ,
- минимального времени доставки сообщения мобильному абоненту - R_n ,
- заданной достоверности доставляемой информации - P_n .

Главным требованием для большинства СПРВ считается требование минимального времени доставки сообщения T_n .

Время доставки T_n складывается из времени набора адреса и информации T_n , времени ожидания канала передачи T_o и времени передачи сообщения $(T_n = T_n + T_o + T_n)$.

Время набора адреса и информации T_n определяется типом СПРВ и включает время набора номера контрольно-оконечной станции на абонентском аппарате, время коммутации АТС с контрольно-оконечной станцией и время ввода адреса и информации в кодирующее устройство управления оператора КОС.

Время ожидания канала передачи T_o включает накопление информации от других вызывающих абонентов в памяти КОС и подготовку радиопередатчика к излучению.

Время передачи сообщения T_n связано с объемом сообщения скоростью передачи в канале R_n соотношением $T_n = V_c / R_n$.

Скорость передачи сообщения R_n определяется пропускной способностью канала связи C и количеством информации N содержащимся в одном элементе сообщения:

$$R_n = \frac{C}{N} = \frac{\Delta F \log(1 + \frac{P_c}{P_w})}{N} \quad (6.1)$$

где ΔF - полоса частот канала;

P_c / P_w - отношение мощности сигнала к мощности шума в приемнике.

С учетом выражения (6.1) время передачи сообщения будет определено выражением:

$$T_n = \frac{V_c N}{I_c} = \frac{V_c N}{I_c} \frac{\Delta F \log(1 + \frac{P_c}{P_w})}{\Delta F \log(1 + \frac{P_c}{P_w})} \quad (6.2)$$

где I_c - количество информации в сообщении.

Таким образом, обеспечение условия $T_n \leq T_{зад}$ возможно ограничением количества информации приходящейся на одно сообщение расширения полосы частот тракта передачи ΔF и повышении энергетического параметра P_c / P_w в канале. Поэтому пейджинговые сообщения должны по возможности компактно форму (кодовые последовательно

ограниченным количеством знаков - п). Это обеспечивает своевременность и достоверность доставки сообщения пользователям.

Время ожидания канала передачи T_0 может быть существенно сокращено, если система не использует принцип ручного диспетчирования, а информация от вызывающего абонента сразу записывается в память КОС. Это реализуется при наличии у абонента сети ТФОП специального телефонного аппарата с тастатурой тонального набора сообщения и частотным кодером, а в КОС преобразователя МЧКК в бинарную дискретную последовательность.

Поскольку базовый передатчик пейджинговой системы излучает не одной рабочей частоте f_0 , то передача сообщений различными мобильным абонентам осуществляется последовательно одно за другим пока не освободится схема накопления в КОС.

Современные базовые передатчики пейджинговых систем, как правило, используют угловую модуляцию (частотно-манипулированные сигналы классов F8Д, F1Д, F8WХF). Модуляционные линии, соединяющие КОС с базовым передатчиком используют типовые каналы ТЧ со стандартными полосами частот $\Delta F = (0,3...3,4)$ кГц. Для организации модуляционных линий могут использоваться линии телефонной связи (СЛ), а также специальные линии радио и радиорелейной связи (РРЛ), создающие прямые каналы между КОС и базовой станцией.

2. Мобильные СПРВ с многочастотным комбинаторным и линейным бинарным кодированием

Примером мобильных систем персонального вызова, использующих принцип многочастотного комбинаторного кодирования (МЧКК), являются пейджинговые системы стандартов "Беллбой" и "Такет-Белл" (США).

Структурная схема тракта передачи СПРВ "Беллбой" показана на рис.6.2. Схема использует принцип автоматического диспетчирования при приеме заявок на вызовы. Последовательность вызова состоит в следующем. На телефонном аппарате набирается семизначный номер вызываемого мобильного абонента СПРВ. Первые три цифры (например, 125) предназначены для установления соединения абонента сети ТФОП с КОС через АТС.

Последние четыре цифры (например, 3200) служат для преобразования их в кодированные сигналы вызова. В КОС двоячная кодовая комбинация последних четырех цифр от АТС поступает на входные регистры и далее в блок контроля номеров, где с помощью преобразователя контроля числа производится проверка принадлежности данного четырехзначного номера к группе разрешенных номеров, предназначенных для работы АТС с системой "Беллбой".

При положительном результате проверки принятое число (3200) пропускается блоком контроля регистров в свободные цепи схемы накопления. Схема управления обеспечивает поочередную запись сигналов вызова в

Мобильные системы персонального радиовызова (СПРВ)

преобразователю кода и через блок контроля числа подает сигнал вызывающему абоненту сети ТФОП (передается речевое сообщение абоненту послан"). Это сообщение слышится в трубке ТА.

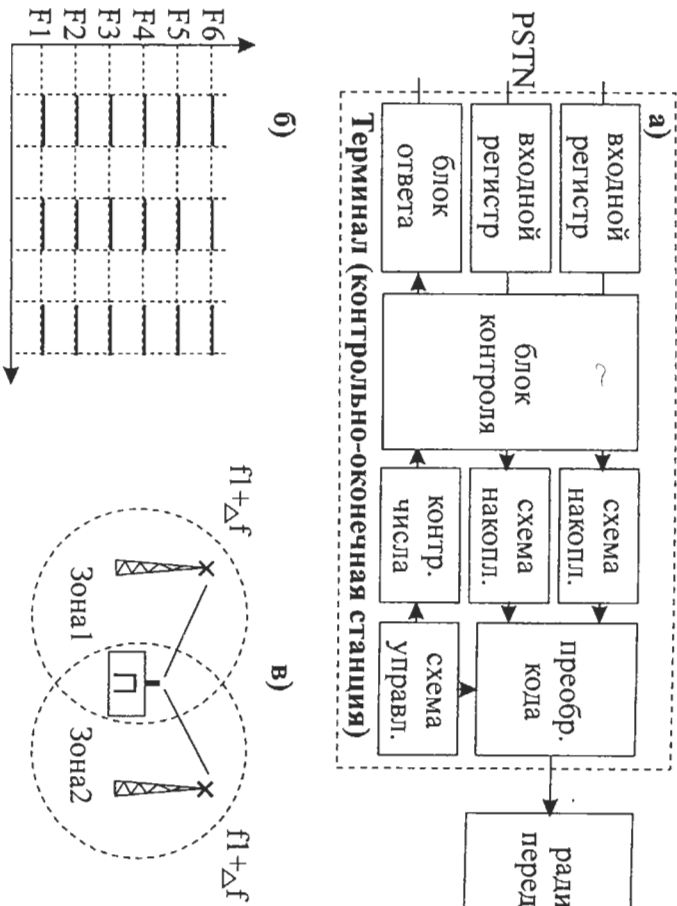


Рис.6.2. Структурная схема тракта передачи СПРВ "Беллбой"

Если блок контроля числа не идентифицирует поступающую комбинацию, то вызывающему абоненту сети передаются короткие звуковые сигналы "занято".

Цепи накопления служат своеобразной буферной памятью поступающих ТФОП сигналов. Они собирают сразу несколько номеров обусловлено тем, что запросы на вызов принимаются быстрее, чем передатчик радиовызова. Схема управления выбирает номера в порядке поступления запросов на радиовызов. Каждое накопление соединяется с преобразователем кода. Преобразователь принимает сообщение преобразует в соответствующую комбинацию радиовызова которая по соединительной линии (СЛ) поступает на передатчика. Для увеличения надежности приема радиовызова каждая комбинация передается три раза подряд.

В стандарте "Беллбой" в качестве кодовых радиосигналов используется набор трех частот, передаваемых одновременно (система "аккорд"). Восемь кодовых комбинаций формируется как число сочетаний из трех тональных частот и составляет $C_3^2 = 4960$. Реально в стандарте "Беллбой" используется только 3200 комбинаций. Это позволяет существенно

вероятность ложных вызовов в системе, возникающих в результате образования различных комбинационных частот из-за нелинейности модулятора. Например, при одновременной передаче трех частот F1, F3, F6 могут возникнуть комбинационные частоты $F_{к3} = KF1 \pm rF3 \pm qF6$, близкие к другим разрешенным комбинациям. Снижение количества сочетаний частот позволяет также несколько упростить конструкцию терминала.

Существенным недостатком МЧКК с параллельной передачей кодовых частот является малый парциальный индекс угловой модуляции (в стандарте "Беллбой" индекс угловой модуляции в три раза меньше по сравнению с суммарной девиацией частоты несущего колебания $\Delta f_{дев} = 1,3$ кГц системы с последовательной передачей кодовых частот).

При приеме комбинации частот F1, F3, F6 вызов регистрируется только одним из пейджеров (абонента 3200), который вырабатывает команду на включение звукового генератора и фиксирует вызов. Остальные 3199 пейджеров передаваемый сигнал вызова не регистрируют, так как сигнал вызова блокируется их декодирующими устройствами, настроенными на другие комбинации частот.

Структурная схема тракта приема системы "Беллбой" представлена на рис.6.3.

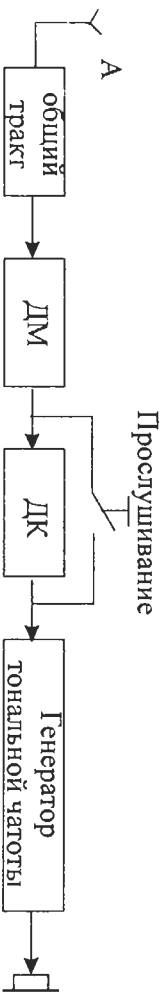


Рис.6.3. Структурная схема тракта приема СПРВ "Беллбой"

Общий тракт приема пейджера представляет радиоприемник супергетеродинного типа с двойным преобразованием частоты ($f_{пр1} = 10,7$ МГц; $f_{пр2} = 455$ кГц). Отличительной особенностью тракта обработки сигналов после второго преобразования частоты является использование демодулятора (ДМ) с полосовыми фильтрами ПФ1, ПФ2, ПФ3. Демодулятор выделяет колебания кодовых частот (например, F1, F3, F6). При принятии присвоенной комбинации не менее трех раз на выходе декодера (ДК) образуется импульс, запускающий прерыватель с частотой 2...3 Гц. В такт импульсам прерывания включается генератор тональной частоты с громкоговорителем на его выходе.

В системе МЧКК стандарта "Пакет-Белл" используются параллельно-последовательная передача тональных частот (последовательно передаваемые "пачки" частот, каждая из которых образуется парой различных тональных частот. Структурная схема тракта приема СПРВ стандарта "Пакет-Белл" показана на рис.6.4.

Каждая "пачка" частот передается в течение 0,25 с. Комбинация из двух пар частот (длительностью 0,5 с) передается трижды с интервалами 30с. В последовательно передаваемых парах тональные частоты не совпадают. Это упрощает декодирующее устройство приемника радиовызова абонента. В тракте обработки сигналов после ДМ полосовые фильтры ПФ1, ПФ2

выделяют одну пару частот, а ПФ3, ПФ4 другую. Последовательная обработка сигналов задается элементами "И" и линией задержки (ЛЗ).

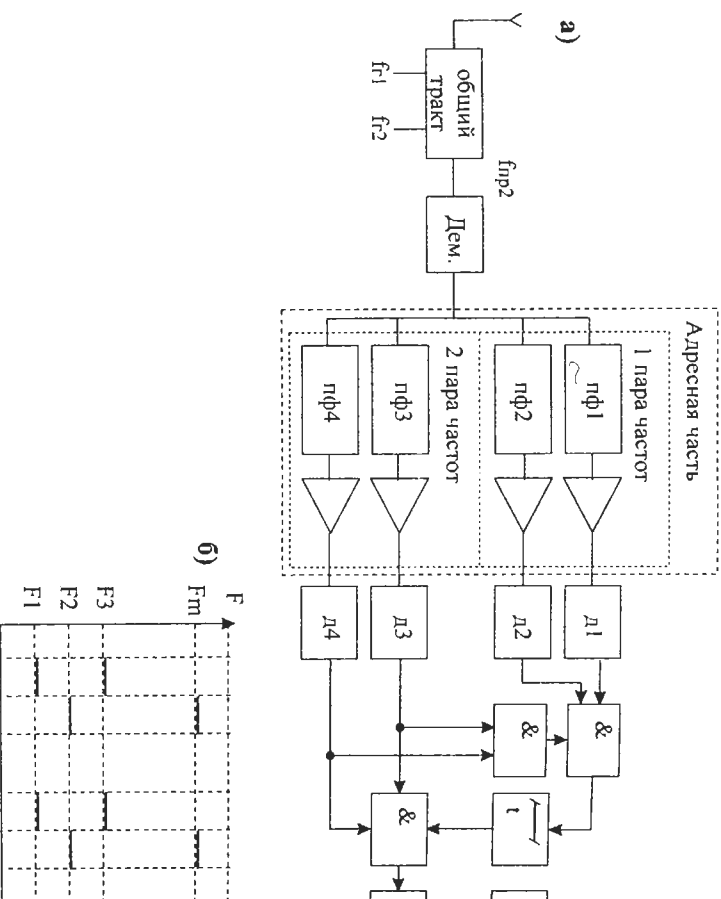


Рис.6.4. Структурная схема тракта приема СПРВ "Пакет-Белл"

Дополнительные сервисные услуги предусмотрены усовершенствованной системе МЧКК стандарта "СуперБелл". Путем дополнительных блоков памяти и электронной коммутации в тесном соединении с электронной АТС, могут запоминаться номера вызывающих абонентов. Мобильный абонент, вызванный через "Пакет-Белл" использует ближайший телефонный аппарат и связь центральной станцией, набирая свой номер. На АТС для набранного происходит считывание с запоминающего устройства номера вызывающего абонента (автоматическое определение номера - АОН) и автоматическое соединение с ним.

К недостаткам СПРВ с МЧКК относится также возможность ложных вызовов абонентов, находящихся на границе раздела нескольких обслуживаний. Причиной этого является использование нескольких радиопередатчиков, работающих на одной рабочей частоте. Из-за недовыделенности радиопередатчиков, работающих в двух соседних зонах частота биений $F_б = |(f_1 + \Delta f_1) - (f_2 + \Delta f_2)| = |\Delta f_1 - \Delta f_2|$, где $\Delta f_1, \Delta f_2$ - абсолютной неустойчивости радиопередатчиков. Частота $F_б$ может равной или близкой к какой-либо кодовой частоте радиовызова. При абонентских объемах систем данный недостаток оказывается решающим

Поэтому в настоящее время СПРВ общепло пользуются в основном применяют стандарты с *двоично-цифровым кодированием* (ДЦК).

Из различных СПРВ с *двоично-цифровым кодированием* наиболее широко применение нашли стандарты "Мультитон" (Англия) и Моторола (США). Они имеют самый разнообразный набор оборудования как для малых учреждений (до 900 абонентов), так и для крупных предприятий и городов (до 100 тысяч абонентов).

Существуют варианты с ручным и автоматическим диспетчированием, с передачей речевого сообщения, с передачей дополнительной информации в виде определенных звуковых тонов и цифровой индикацией на дисплее из жидких кристаллов.

При высоте антенны BS 150 м, мощности ЧМ передатчика 20...25 Вт и использовании приемников с повышенной чувствительностью радиус действия СПРВ достигает 30...40 км.

Формат кодограммы вызова системы ДЦК "Мультитон" с ограниченной адресной емкостью имеет вид (рис.6.5).

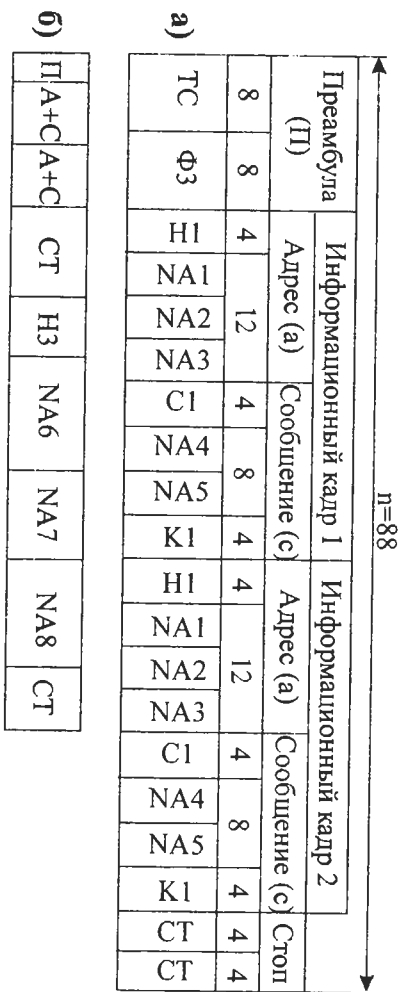


Рис.6.5. Формат кодограммы вызова СПРВ "Мультитон"

Кодограмма вызова состоит из 88 бит информации. Она включает преамбулу и два информационных кадра.

Прембула (П) включает 8 бит тактовой синхронизации (ТС) и 8 бит фазового запуска (Ф3). Информационный кадр состоит из кода адреса (А) и сообщения (с).

Адрес образуется из начальной комбинации (Н) и трех цифр номера адреса (NA1, NA2, NA3). Сообщение образуется из комбинации С1 (3 бита из четырех), двух последних цифр номера адреса (NA4, NA5) и конечной комбинации (К).

После этого повторяется передача адреса и сообщения (А+С). Заканчивается кодограмма вызова двумя стоповыми (СТ) четырехбитовыми комбинациями.

Принимаемое сообщение преобразуется в пейзаже в соответствующий вид сигнализации (рис.6.6 а).

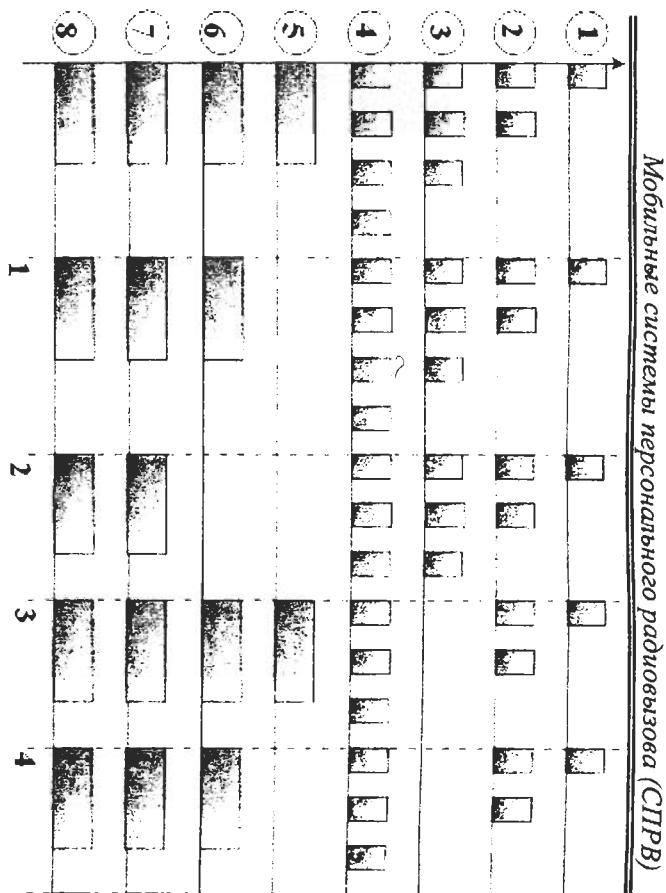


Рис.6.6. Варианты звуковой сигнализации в СПРВ "Мультитон"

Звуковая сигнализация включает 8 вариантов сообщений, отличающихся продолжительностью и повторяемостью тонов. В каждом варианте сигнализации заложена информация для вызываемого абонента (пункт степени срочности и т.д.). Звуковая сигнализация может дублироваться визуальной индикацией, например, высвечиванием цифры светоматрицы от 1 до 8;

Звуковая сигнализация, включающая 4 варианта информации с одноцифровой световой индикацией, используется для передачи различных сообщений;

Звуковая сигнализация, включающая 8 вариантов информации, четырехцифровой световой индикацией, используется принцип "бегущего на одноцифровом индикаторе. Это позволяет передать абоненту телефона вызывающего абонента.

Для повышения достоверности сигнализации вызова включается при безошибочном приеме первой и дублирующей адресных комбинаций уменьшается вероятность ложных вызовов.

Каждая цифра номера адреса (только вызов) образует четырехбитовой комбинации. Сообщение может быть передано вариантами:

- если кодовая комбинация (С) повторяется (С1 и С2), то п только звуковая сигнализация (8 видов);
- если кодовая комбинация С2 не повторяется, то реализуется вида звуковой сигнализации и одноцифровая световая индикация

Для осуществления восьми различного звукового вызова и четырехцифровой индикации формат вызова расширяется (рис.6.5б). За счет расширения формата осуществляется групповой вызов абонентов. Например, для одновременного вызова группы из 100 приемников в послышках С передается специальная кодовая комбинация 1111, которая заставляет декодировать всех пейджеров только после приема и соответствия лишь первым трех цифр номера адреса NA1, NA2, NA3, а две последние цифры NA4 и NA5 блокируются. В этом случае вызываются все приемники, имеющие одинаковые три первые цифры номера адреса.

Для повышения достоверности передачи информации по проводной соединительной линии между КОС и базовым радиопередатчиком каждый бит (0,1) передаваемой информации (сообщения) преобразуется в бимпульсную послышку. Длительность передачи "0" составляет t_1 , а длительность передачи "1" $t_2=2t_1$ (форма сигнала при передаче комбинации 01001).

Достоинством передачи нулей и единиц в бимпульсной форме является отсутствие постоянной составляющей тока (напряжения). Проводная линия между центральной станцией (терминалом) и радиопередатчиком для постоянной составляющей тока обладает большим затуханием, чем для переменного тока. Кроме того такая форма сигналов позволяет сузить ширину спектра модулирующего сигнала путем "скругления" бимпульсных послышек с помощью фильтра нижних частот, включаемого на входе модулятора.

Величина девиации частоты в ЧМ передатчике составляет $\Delta f_{\text{дев}}=4,5$ кГц. В пейджере "скругленные" бимпульсные послышки преобразуются после демодулятора в прямоугольную форму.

При выходе абонента из зоны уверенного приема BS из-за недостаточной напряженности электромагнитного поля вероятность приема сигнала вызова пейджером уменьшается. Для контроля абонента о выходе из зоны уверенного приема базовый передатчик периодически (не реже одного раза в минуту) повторяет передачу преамбулы (П) кодовой комбинации при отсутствии заявок на вызовы. В пейджерах осуществляется счет принимаемых преамбул, и если в течение 184с отсутствует их прием, то включается сигнализация ("вышел из зоны приема").

В интересах снижения потребляемой энергии (продления ресурса батареи) в приемниках предусмотрено устройство экономии энергии, с помощью которого наиболее энергоемкие цепи питания включаются лишь при поступлении вызова. Это устройство периодически через 0,96 с включает приемник на 30 мс. Это позволяет обеспечить прием сигналов вызова или преамбул. При снижении нагрузки в системе (при больших интервалах между передачей вызовов) искусственно увеличивается длительность передачи тактовой синхронизации.

Структурная схема передающей части СПРВ "Мультитон" приведена на рис.6.7.

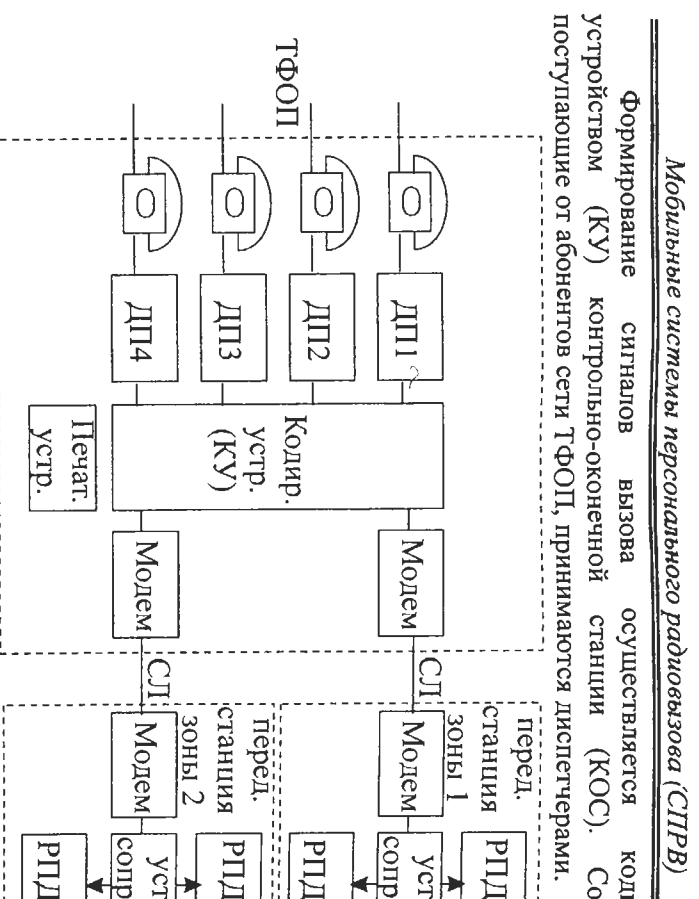


Рис.6.7. Структурная схема передающей части СПРВ "Мультитон"

Диспетчерские пульты ДПП1...ДПП2. ДП размещаются в КОС. СОС ДПП могут размещаться и за пределами КОС. На ДПП набирается вызываемого абонента (сигнал вызова) и дополнительная информация формируемые в кодирующем устройстве (КУ) и последовательности (цифровые пакеты) от нескольких абонентов передаются на модемы, где преобразуются в помехоустойчивую форму соединительным линиям (СЛ1, СЛ2) передаются на передающие соответствующих зон обслуживания. Устройства сопряжены преобразуют поступающие от модемов цифровые последовательную форму, необходимую для модуляции радиопередаточных устройств РПД(У2). В УС предусмотрены регулируемые линии задержки для выравнивания) времени задержки при прохождении сигналов вызова и СЛ2 (различной длины). Это обеспечивает синфазное включение обоих передатчиков и передачу ими сигналов радиовызова.

Каждый из передатчиков зарезервирован. Контроль работы осуществляется в КОС.

Для повышения надежности приема сигналов вызова диспетчер набирает на ДПП один и тот же номер вызова и дополнительную информацию. При этом сигнал повторного вызова вырабатывается в КУ через избегание "накладки" в приемнике одинаковых вызовов.

Документальная регистрация всех заявок на вызовы производится печатающим устройством.

рис.6.8. Структурная схема приемной части СПРВ "Мультитон" приведена на

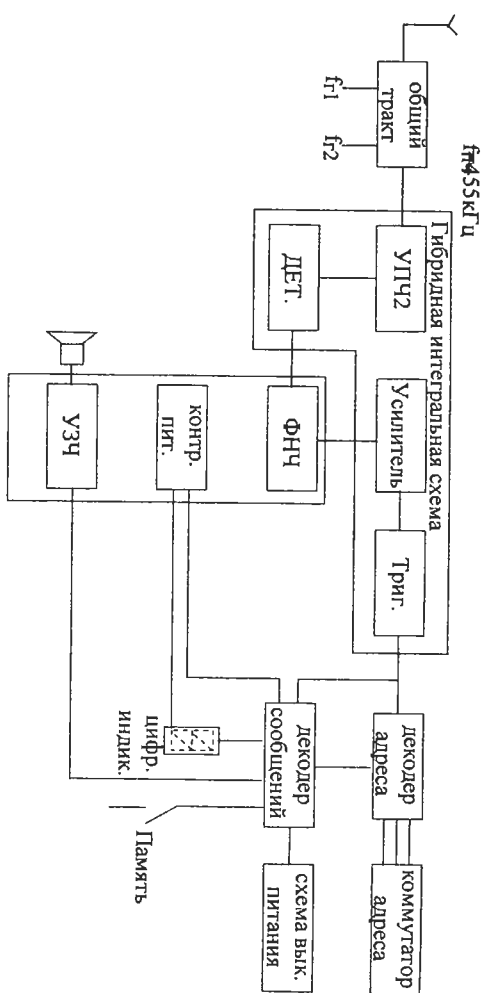


рис.6.8. Структурная схема приемной части СПРВ "Мультитон"

Общий тракт приема собран по супергетеродинной схеме с двойным преобразованием частоты. Частоты гетеродинов f_1 и f_2 стабилизированы кварцами. Тракт приема до усилителя УПЧ2 выполнен на навесных элементах. Тракт усиления, включающий усилитель УПЧ2, ограничитель, детектор, УЗЧ, триггер Шмитта, выполнен в виде одной гибридной интегральной схемы.

После триггера Шмитта цифровая последовательность из биимпульсной формы преобразуется в моноимпульсную и далее поступает на декодеры сообщения и адреса.

В декодере адреса принятый адресный сигнал сравнивается с запрограммированной для данного приемника кодовой комбинации номера адреса. Номер адреса заранее запрограммирован путем определенных соединений выводов декодера и специального коммутатора номера адреса. Завершается декодирование адреса проверкой совпадения обеих повторно передаваемых адресов.

При их полном совпадении вырабатывается команда, по которой осуществляется дешифрация принятой дополнительной информации и преобразование ее в сигналы для цифрового индикатора и для звуковой сигнализации (УЗЧ).

Декодер сообщения позволяет запоминать информацию о двух вызовах. Режим запоминания вызовов может обеспечивать бесшумовой режим "вызов из кармана" (звуковая сигнализация абонентом отключается).

С целью извлечения "задержанного" в памяти вызова и сброса принятого вызова предусмотрены специальные органы управления ("память", "сброс"). В составе комбинированной интегральной схемы декодера сообщения имеется генератор импульсов, являющийся источником сигналов для схемы

периодического выключения питания сильноточных цепей. С его помощью осуществляется счет времени при оценке приема преамбулы.

Система "Мультитон" (г. Москва), использующая два передаточных канала 250 Вт, с высотами полдвеса антенн 360 и 180 метров имеет уверенного приема 58 км. Число абонентов - до 10000.

Использование принципа "Мультитон" позволяет создавать обслуживающие большие регионы и государства. Так, СПРВ Британского почтового ведомства, использует сеть ТФОП всей страны. Аналогичные системы используются в Канаде, Гонконге, Ирландии, Швеции, Японии и других странах.

Структурная схема канадской СПРВ SWAR (Selective Wide Area) с широкой площадью района обслуживания показана на рис. 6.9.

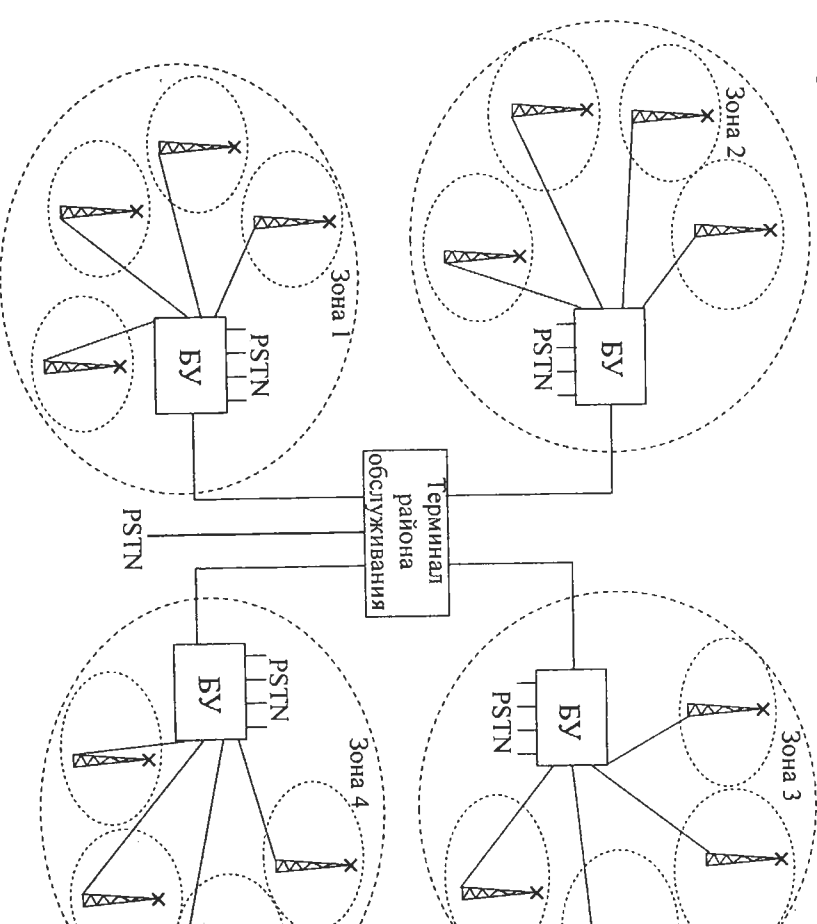


рис.6.9. Структурная схема СПРВ SWAR

Весь район обслуживания разделяется на отдельные зоны, в каждой из которых установлено необходимое число радиопередатчиков с одним управлением на зону (БУ).

Все запросы на вызов из разных зон поступают через телефонную терминалу размещенному в данной зоне обслуживания. В наборе абонента первые три цифры используются для соединения телефонного аппарата

линии терминала. Последующие три цифры используются для выхода в требуемую зону вызова (например, через блок управления БУ в свою или в другую зону) и определения типа вызова (тональный МЧКК или цифровой ДЦК). Последние цифры определяют номер абонента вызываемой зоны. Выход на систему СПРВ может быть осуществлен также по сети ТФОП через МАТС из другого района или области.

В терминале района обслуживания однотипные номера вызова по зонам обслуживания накладываются за определенный период и затем группами передается в соответствующие БУ с помощью модемов для передачи вызовов.

В крупных системах (до нескольких миллионов абонентов) число радиопередатчиков и модемов достигает многих десятков. В состав БУ и терминалов района обслуживания таких систем вводятся ЭВМ, управление которыми осуществляется дистанционно от АТС, МАТС и специальных диспетчерских пультов.

В Швеции СПРВ использует действующую сеть вещательных ЧМ радиопередатчиков. Сигналы вызова в терминале образуются в двоичном коде. Вызывающий абонент на телефонном аппарате набирает последовательно четырехзначный номер для выхода на MS, шестизначный номер вызываемого абонента, а также свой шестизначный номер. Эти цифровые данные через телефонную сеть по одной из 512 линий попадают в центральную станцию (ЦС) MSB (терминал обработки запросов на вызов). Сформированные сигналы вызова транслируются с помощью модемов и линий связи (каналов передачи данных) к радиопередатчикам, расположенным по всей стране. Абонент, получивший радиовывоз, может набрать с ближайшего телефона специальный номер с АТС МСВ и услышать синтезированную машинную речь о всех номерах телефонов, вызывающих данного абонента, которые хранятся в системе обработки данных в течение двух часов.

Поскольку радиовещательные передатчики работают на разных несущих частотах (от 87 до 104 МГц), то приемники радиовывоза имеют устройства сканирования - периодической (через каждые 10 с) перестройки по всему частотному диапазону. Фиксация настройки на прием сигнала радиовывоза реализуется при приеме опознавательной кодовой комбинации системы МСВ.

Системы пейджинговой связи кроме оповещения мобильных абонентов могут решать задачи в интересах различных ведомств. Например, при соединении диспетчерских пультов с датчиками охранной сигнализации, контроля, параметров процессов, вызова персонала, несанкционированного вскрытия объектов, сбора в случае чрезвычайных ситуаций. Сигналы вызова и оповещения автоматически поступают в соответствующие инстанции и ответственным лицам.

3. Особенности построения СПРВ различных стандартов

Мобильная пейджинговая связь с использованием аппаратуры МОТОРОЛА может быть организована по принципу "централизованное диспетчирование" и "независимых радиоканалов". Аппаратура в базовое оборудование (КОС) и полевое оборудование (группы мобильных станций и полевые ретрансляторы вызовов).

При организации связи по принципу "централизованное диспетчирование" все полевое оборудование обслуживается единым комплектом оборудования КОС и многоканальным базовым передатчиком (рис.6.10).

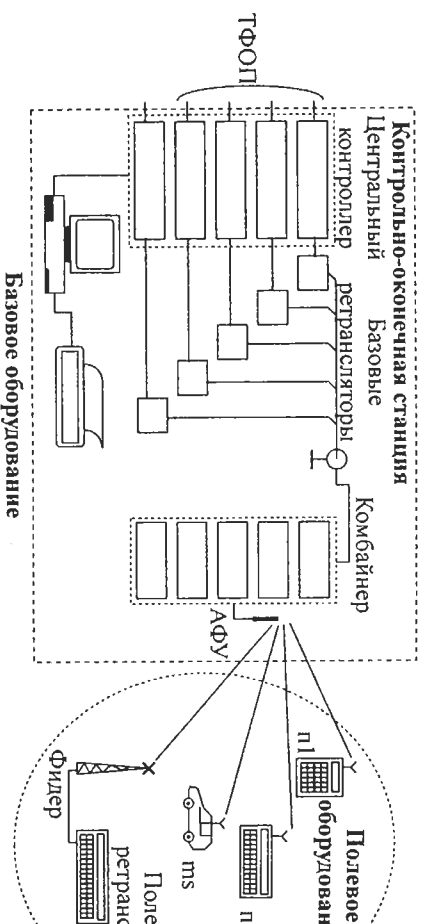


Рис.6.10. Построение КОС по принципу "централизованное диспетчирование"

Контрольно-оконечная станция включает функциональный комбайнер и центральный контроллер. В состав КОС также входят ретрансляторы, многоканальный радиопередатчик (комбайнер) и антенное устройство (АФУ).

Электрооснащение КОС осуществляется от сети переменного напряжения 220 В (50 Гц), или от автономного источника питания напряжением 12 В.

Каждый из базовых ретрансляторов в составе КОС выполняет программированный синтезатор частот (СЧ), тракты усиления радиосигнала и дуликсный фильтр (на схеме не показаны).

При организации связи по принципу "независимых радиоканалов" контрольно-оконечная станция (КОС) включает несколько диспетчерских пультов (ДП), каждый из которых создает свой канал передачи и обеспечивает вызов к своей группе мобильных станций (рис.6.11).

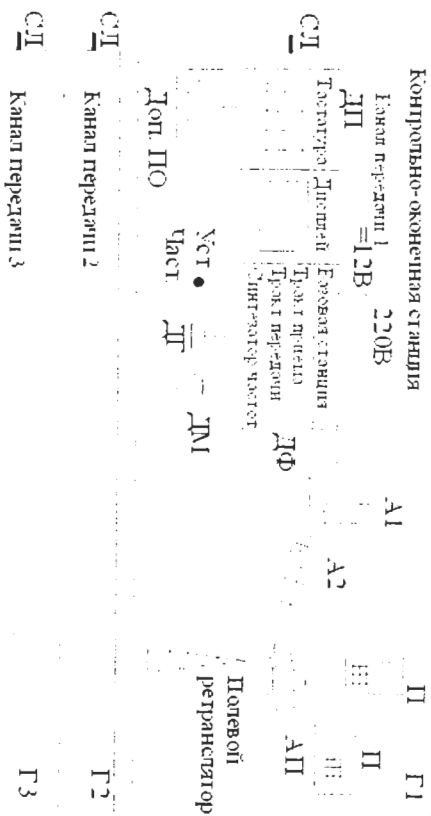


Рис.6.11. Построение КОС по принципу "независимых радиоканалов"

Диспетчерский пульт (ДП) является автономным комплектом базового оборудования, включающим базовую станцию (тракты передачи и приема, синтезатор частот и дуплексный фильтр-ДФ). В состав ДП входит также аппарат управления приема и регистрации вызовов (оперативный терминал, управляющий компьютер). Заявки на вызовы на каждый ДП поступают по своей соединительной линии (СЛ).

К ДП подключаются периферийные устройства - дополнительный пульт оператора (Доп ПО), динамический громкоговоритель (ДГ) и микрофон (ДМ).

Тракт передатчик базовой станции через ДФ подключается к антенно-фидерным устройствам. В состав ДП входит антенна с круговой диаграммой направленности (А1) и антенна направленного действия (А2). Установка рабочих частот приема $f_{пр}$ и передачи $f_{прд}$ осуществляется с помощью внешнего программатора, подключаемого к синтезатору частот (уст. част).

Система предусматривает возможность работы синтезатора частот в любом из частотных участков диапазона УКВ: 29,7...50; 136...162; 149...174; 403...430; 449...470 МГц. Частотный план в пределах каждого из частотных участков предусматривает:

- разнос частот $f_{прд}$ и $f_{пр}$ на 9,6 или на 4,5 МГц (частота $f_{прд}$ должна быть выше частоты $f_{пр}$);
- защитный промежуток между соседними $f_{прд}$ должен быть не менее 250 кГц;
- полосы частот каналов передачи (приема) имеют ширину 12,5; 20; 25; 30 кГц в зависимости от используемого частотного участка.

Дуплексный фильтр радиостанции обеспечивает подключение трактов приема и передачи к одной антенне.

Наличие аппаратуры двухсторонней радиосвязи обусловлено возможностью ее использования в полевых радиостанциях, а также в транкинговых системах связи. При построении односторонних систем

пейджинговой связи в комплекте аппаратуры MOTOROLA предусматривается использование только трактов передачи в базовых станциях.

Для наращивания адресной емкости и функциональных возможностей аппарата базового оборудования может включаться различная диспетчерских пультов:

- диспетчерский пульт People Finder LT - 100 MS;
- диспетчерский пульт People Finder Plus - 1000 MS;
- контрольный центр "Page Bridge I" - 2500 MS;
- контрольный центр "Page Bridge II" - 5000 MS.

Диспетчерский пульт People Finder LT обеспечивает подключение пульта оператора "AlphaMate" через встроенный порт RS - 232. К данному порту подключается персональный IBM - компьютер со специальным программным обеспечением. Двухпроводная телефонная линия подключается к ДП через специализированный интерфейс ввода данных от телефонного аппарата. Многочастотным кодированием или от цифрового телефона через порт АТС типа Меридиан - 1.

Речевой синтезатор в составе пульта позволяет на MS синтезировать речевые сообщения записанные в пульт в цифровой форме. Максимальная длина цифрового сообщения составляет 240 символов (голосового сообщения от 10 до 99 с). В приеме-передающем варианте аппаратура речевого сообщения достигает 2-х минут. Допустимые участки синтезатора частоты составляют 138...174 и 403...512 МГц.

Пульт Finder LT имеет встроенную систему самоконтроля сигнализации. Диспетчерский пульт People Finder Plus - с дополнительными возможностями:

- подключение контактных датчиков пожарно-охранной сигнализации
- использование радиолинии дистанционного управления на расстоянии до 5 км вместо двухпроводной линии связи, формируемой с помощью специальных радиостанций в комплекте аппаратуры;
- использование передатчиков базовой станции с грациями мощностью от 25 до 110 ватт.

Контрольные центры "Page Bridge I, II" имеют частотные совпадающие с пультами "People Finder", но в отличие от них одновременно формировать два радиоканала с защитным промежуток каналов на одну антенну. Универсальная буквенная таблица контрольного центра имеет параметры соответствующие устройству ввода "AlphaMate" центральному центру может подключиться системный при подключении терминала AlphaMate через последовательный порт RS 232. Полевое оборудование СПРВ системы включает:

- портативные радиостанции МХ 2000 II, МХ 2000 III;
- пейджеры "WRIST WATCH", "BRAVO EXPRESS";

- носимые радиостанции МХ 2000 I;
- мобильные радиостанции МАХ ТРАС 300, СQM 6000.

Портативные радиостанции типа МХ 2000 I, II работают в диапазоне 150/450 МГц. Выходная мощность передатчика $P_{\text{вых}} = 5$ ватт. В состав радиостанции входит штывревая антенна и аккумуляторная батарея. Радиостанции отличаются только наличием клавиатуры набора кода. В радиостанциях МХ 2000 I клавиатура отсутствует. В МХ 2000 II - клавиатура обеспечивает только групповые вызовы.

Пейджер типа "WRIST WATCH" по способу ношения соответствует наручным электронным часам. Индикация обеспечивается жидкокристаллическим 2-х строчным дисплеем с 9-ю знаками. Максимальная длина сообщения 20 цифр. Оперативная память обеспечивает хранение 6 сообщений общей длиной 120 символов. Пейджер обеспечивает фиксацию времени передачи сообщения и защиту от стирания старого сообщения. Время работы батареи питания 1500 часов. Имеется встроенный индикатор разрядки батареи и индикаторы выхода за пределы зоны обслуживания. Масса пейджера 60 грамм.

Пейджер типа BRAVO PLUS является карманным радиоприемником. Предусмотрена тональная и световая индикация вызова. Жидкокристаллический дисплей с 12-ю знаками. Оперативная память обеспечивает хранение 16 сообщений общей длиной 160 символов. Пейджер обеспечивает индикацию времени, будильник, фиксацию времени передачи сообщений.

В состав комплекта может входить вибратор "тихого" вызова абонента. Время работы батареи питания 1700 часов. Имеется встроенный индикатор разрядки батареи и индикатор выхода за пределы зоны обслуживания. Масса пейджера 83 грамма.

Пейджер типа "BRAVO EXPRESS" имеет карманную конструкцию. В отличие от BRAVO PLUS обеспечивает:

- музыкальную индикацию вызова;
- хранение 8 сообщений общей длительности 160 символов;
- время работы батареи 1000 часов;
- "тихий" вызов из "кармана";
- индикацию разряда батареи и выхода за пределы зоны обслуживания.

Носимая радиостанция МХ 2000 III в отличие от портативных радиостанций типов МХ 2000 I, МХ 2000 II дополнительно включает клавиатуру с полным набором кодированных сообщений.

Мобильная станция СQM 6000 включает приемопередатчик и антенно-фидерное устройство. Набор кода сообщения осуществляется с помощью клавиатуры на передней панели радиостанции. Отображение сообщения обеспечивается на жидкокристаллическом дисплее. Радиостанция имеет органы настройки на рабочую частоту, регулировки и индикации. Радиостанция обеспечивает сканирование рабочих каналов и автоматическое установление связи.

Программирование функций производится с помощью персонального компьютера.

Дальность радиосвязи с подобными станциями составляет

Дальность связи с портативными станциями - 5 км.

Мобильная станция МАХ ТРАС 300 имеет типовой характер соответствующим радиостанциям СQM 6000. Радиостанция дополняет встроенный громкоговоритель и ручной микрофон с кнопочным управлением.

Пейджеринговая СПРВ STC-20000 R является цифровой одночастотной радиосвязи. В отличие от стандартов фирмы МОТ применяются специальные диспетчерские пульта, стандарт STC использует только стандартное компьютерное оборудование.

Базовое оборудование системы включает аппаратуру КОС и радиопередатчики. В состав КОС входят управляющий компьютер, терминал, принтер, аппаратура абонентами сети ТФОП, аппаратура канала обслуживания с базовыми станциями.

В состав каждой базовой станции (BS) входят каналоборудование базовой радиопередатчик и антенно-фидерное устройство (аппаратура базовой радиопередатчик системы типа WINNA имеет мощность $P_{\text{вых}} = 100$ (200) ватт (рис.6.12).

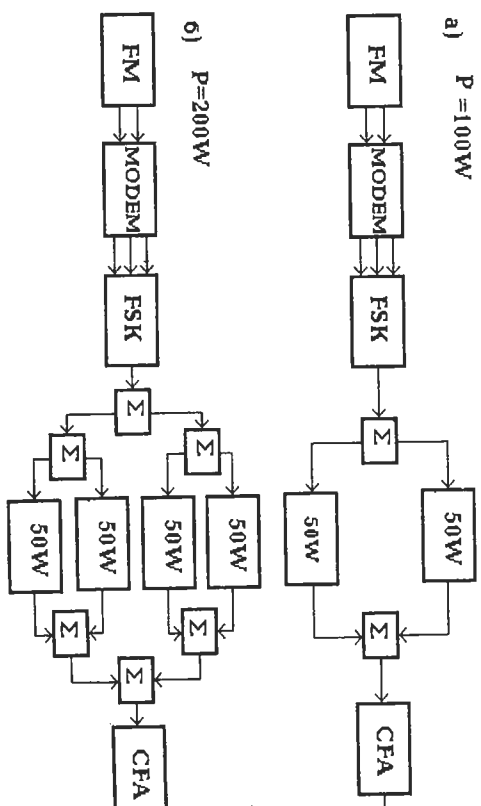


Рис.6.12. Структурная схема радиопередатчика СПРВ STC-20000R

Полевое оборудование включает отдельные группы пе группирование пейджеров осуществляется только по зонам обслуживания. Функционирование пейджеры могут перемещаться из од обслуживании в другую. Частотной перестройки пейджеров для требуется.

Система предусматривает возможность формирования различн пейджеров по признакам функционального предназначения. Д

пейджеры, организующие функциональную группу, программируются по индивидуальным и групповым адресам. Вызов группы осуществляется путем излучения общего адресного сигнала этой группы пейджеров.

Управляющий (серверный) компьютер системы типа АСТ Р4/33 имеет 486 процессор работающий на частоте 33 МГц. Оперативное запоминающее устройство имеет память с емкостью - 240 Мбит. Постоянное ЗУ - жесткий диск с емкостью - 240 Мбит. Монитор SVGA 1024 786 с стандартной клавиатурой. Программное обеспечение NOVELL 3.11 позволяет обслуживать полевое оборудование, включающее не менее 100 пейджеров.

Кодирующий компьютер системы типа АСТ Р2/20 имеет процессор I-386S, работающий на частоте 20 МГц. ОЗУ - 2 Мбит. Постоянное ЗУ - жесткий диск с емкостью 80 Мбит. Монитор SVGA 1024 786 с стандартной клавиатурой.

Оперативный терминал типа - 386/20 включает процессор 386, работающий с частотой 20 МГц. ОЗУ - 1 Мбит. Жесткий диск и драйвер гибкого диска отсутствуют. Монитор - монохроматический. Управляющий компьютер использует для соединения с аппаратурой радиосвязи T - образной соединитель VNC и коаксиальный кабель.

Для передачи данных от КОС на базовые передатчики составляется типовой канал в полосе частот $\Delta F = 0,3...3,4$ кГц.

В качестве линии передачи данных может использоваться стандартная двухпроводная линия, прокладываемая между КОС и базовым передатчиком, либо используется канал, абонируемый в сети ТФОП.

В отдельных случаях в качестве линии передачи данных создается специальный радиоканал на частоте не совпадающей с частотой пейджинга. В системе STC - 2000R используются радиопередатчики и радиоприемники работающие в спектре частот 450МГц. При значительном удалении базовой станции применяются антенны направленного действия типа "волновой канал". Для обеспечения высокой достоверности передачи данных радиоканалов включается модем на передающей и приемной сторонах.

Формирование выходной мощности осуществляется с помощью типовых 50 ваттных модулей. Передатчики могут дискретно перестраиваться в диапазоне 136...144 МГц с шагом сетки частот $\Delta f_c = 25$ кГц. Передатчики могут также работать в диапазоне 950 МГц. Вид работы F8Д. Скорость передачи в канале пейджинга $V=512$ бит/с с возможностью увеличения до $V=1200$ бит/с. Девияция частоты $f_{\text{дев}} = \pm 4,5$ кГц.

Антенно-фидерное устройство базового передатчика включает ненаправленную штывреую антенну типа ТQ-150. Коэффициент усиления антенны $G=10$ дБ. Фидерная линия - коаксиальный кабель сечением $\phi=9$ мм длиной 30 м.

Пейджеры системы STC - 20000R по функциональной и принципиальной схеме являются одноплатными с системами, использующими принципы формирования адресов "Мультитон". Конструктивное выполнение и внешний вид пейджеров может быть различным.

ГЛОБАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ПОДВИЖНОЙ СЛУЖБЫ

1. Особенности построения спутниковых СПС

Спутниковые СПС относятся к системам глобальной обеспечения в отличие от региональных СПС доставку информации подвижным абонентам находящимся в любой точке земного шара. Глобализации связи достигается на основе переноса базовых ретрансляторов на поверхность земли в космическое пространство и обеспечения каналов радиосвязи между наземными MS и бортовыми базовыми станциями. В зависимости от массы КА, видов работы и высот орбит различают 5 групп спутниковых СПС. К ним относятся группы Little LEO, MEO, NEO и GEO.

Группа Little LEO использует группировки легких КА размещающих низких круговых орбитах вращения порядка 1000 км. Основное назначение СПС группы Little LEO состоит в передаче данных в виде коротких сообщений, организации электронной почты и определения местоположения объектов на местности.

К положительным качествам СПС группы Little LEO относятся энергетические потенциалы радиолоний при малой энергетике BS6 (в мощности передатчиков порядка 5-30 Вт, коэффициент усиления антенн ракетноносителей либо в качестве дополнительного груза, обеспечительно низкие экономические затраты при формировании космических сегментов.

К недостаткам следует отнести невозможность передачи объемов информации (из-за низкой скорости передачи 1,2-9,6 кбит/с в реальном масштабе времени, а также введения сложных систем коррекции доплеровского сдвига частоты).

Системы работают в диапазоне частот до 1 ГГц. К группе Little LEO относятся стандарты "ТОНЕЦ", Starbys, Faizat.

Группа Big LEO использует квазистационарные группировки низких круговых орбитах вращения порядка 780 км и является основой организации персональной радиотелефонной и пейджинговой суммарная потребляемая мощность BS6 в СПС при формировании радиолоний земля-космос составляет порядка 230 Вт. Для обеспечения потенциалов радиолоний и передачи больших объемов информации в реальном масштабе времени стандарты спутниковых СПС группы используют автоматические фазированные антенные решетки создающие множество парциальных лучей в сторону земли. Каждый создается на поверхности земли свою ЗО. Таким образом формируются с диаметрами более 4000 км.

178

Выбор орбит вращения КА с требуемым количеством BS6 на орбитах, частотных диапазонов для формирования дуплексных каналов, скоростей передачи и классов сигналов позволяет создавать стандарты с пропускной способностью порядка 1200 каналов ТЧ на одну BS6. В группе big LEO работают широко распространенные стандарты спутниковых ССПС Iridium, Globalstar, "СИГНАЛ".

Группа МЕО использует группировки КА на средневысотных орбитах вращения высотой 5000-15000 км. Это позволяет существенно сократить число КА на орбитах вращения. Применение специальных параболических антенн на линиях космос—земля и земля—космос позволяет формировать 30 порядка 7-8 тыс. км при ограниченном количестве парциальных лучей.

Системы электроснабжения КА имеют значительно меньшую частоту циклов заряд-разряд, что существенно увеличивает их эффективность и срок службы. Обеспечение требуемых энергетических потенциалов на линиях космос-земля при естественном увеличении дальностей радиосвязи потребовало большей энергетики BS6 и использования КА с массой порядка 2,5 тонн. Несмотря на это ССПС группы МЕО имеют высокую эффективность при организации персональной мобильной связи, что позволяет им успешно конкурировать с системами группы big LEO.

К группе МЕО относятся широко распространенные стандарты спутниковых ССПС ODYSSEY, ISO, ELLIPSO.

Спутниковые ССПС, использующие геостационарные орбиты (группа NEO) и высокоэллиптические орбиты (группа GEO) пока не находят широкого применения для организации персональной связи. Проблема реализации персональной связи для наземных мобильных станций создаваемых по принципу "трубка в руке" из-за низких потенциалов радиолиний земля-космос остается не решенной. Однако группы NEO и GEO широко применяются при построении специальных космических систем связи, передачи данных, организации систем Internet, Multimedia, а также для построения систем прямого телевизионного приема и радиовещания.

2. Спутниковая ССПС Iridium

Спутниковая ССПС Iridium (США) представляет собой наземно-космический комплекс цифровой радиотелефонной, факсимильной и пейджинговой связи, передачи данных и определения местоположения на местности.

Наземная инфраструктура системы включает станции сопряжения (наземные базовые станции-BSN), центры управления системой (ЦУС), терминалы общего пользования и мобильные терминалы персональной связи (MS). Базовые станции сопряжения BSN обеспечивают интерфейс радиоканальной части комплекса со стационарными сетями телефонной связи (ТФОП), телефакса и передачи данных. Терминалы общего пользования наземной аппаратуры являются средствами коллективной телефонной связи,

используемой по принципу "телефон-автомат". Они устанавливаются в местах не оборудованных стационарной телефонной сетью, а также в труднодоступных участках местности (горных районах, островах, пустынях, тундре и т. д.). Мобильные терминалы персональной связи (MS) являются средствами индивидуального пользования по принципу "трубка в руке". Для обеспечения факсимильной связи и передачи данных (ПД) абонентской терминал дополняется модемом. Терминалы общего пользования и мобильные терминалы обеспечивают глобальную радиосвязь с абонентами через бортовые ретрансляторы спутников связи. Мобильные терминалы могут использоваться абонентами находящимися в подвижных объектах сухопутного, морского и воздушного транспорта.

Космический сегмент стандарта Iridium включает 66 бортовых базовых станций (BS6), размещаемых на низкоорбитальных искусственных спутниках земли (ИСЗ), имеющих круговые приполярные орбиты с высотой 780 км и углом наклона 86 градусов. Искусственные спутники земли распределяются по 6 орбитальным плоскостям, каждая из которых содержит 11 BS6. Угловое расстояние между соседними орбитальными плоскостями составляет 3,6 градуса. Между 1 и 6 плоскостями угловое расстояние составляет 22 градуса.

Антенные системы (шесть программно управляемых АФАР) каждой BS6 формируют 48 парциальных лучей с узкими диаграммами направленности, создающими общую зону покрытия участка земной поверхности. Поскольку соседние по орбитальным плоскостям ИСЗ создают сильно перекрывающиеся зоны покрытия, то для исключения этого часть лучей выводится из активного режима работы. Таким образом, из общего количества 3168 лучей, направляемых в сторону земли, активно работают только 2150. Это обеспечивает создание глобальной зоны покрытия участка поверхности земли электромагнитным полем диаметром порядка 4000 км (одна парциальная зона покрытия - 700 км).

Для обеспечения связи управления с ЦУС (фидерные линии) используются 4 механически наводимые зеркальные антенны с коэффициентом усиления $G=36$ дБ каждая.

Для обеспечения ретрансляции сигналов в космосе BS6 используют 4 волновоодно-шеллевые антенны (для связи с 2 соседними КА на одной орбите и 2 КА на соседних орбитах). Это обеспечивает возможность многократной ретрансляции сигналов и создания сетки космических линий глобальной радиосвязи. Линии радиосвязи, формируемые между бортовыми ретрансляторами спутников и мобильными терминалами, работают в L-диапазоне частот подвижной спутниковой службы (ПСС) 1616...1625,5 МГц [3]. Причем, линия земля-космос работает на *нервничной основе*, линия космос-земля — на *вторичной основе*. Фидерные линии между бортовыми радиостанциями спутников BS6 и наземными станциями сопряжения BSN, работают в K-диапазоне частот фиксированной спутниковой службы (ФСС) 19,4...29,3 ГГц. Причем, линия космос-земля работает в полосе 19,4...19,6 ГГц, а линия земля-космос — 29,1...29,3 ГГц.

Для межспутниковой ретрансляции сигналов и создания сетки линий космической радиосвязи используется промежуточный участок К - диапазона частот в полосе 23,18...23,38 ГГц.

Несмотря на значительную канальную емкость частотных диапазонов, количество рабочих частот оказывается недостаточным. Поэтому в системе предусмотрена возможность многократного использования рабочих частот. Устранение взаимных помех при этом достигается путем пространственного разнеса лучей. Для исключения взаимных помех повторно использованные рабочей частоты осуществляется через 6 лучей. Один бортовой ретранслятор имеет возможность 7-кратного повторения рабочих частот. Скорость передачи цифрового потока в L - диапазоне при телефонной связи составляет $V=4800$ бит/с. При работе в режиме обмена данными скорость цифрового потока составляет $V=2400$ бит/с.

Количество каналов цифровой телефонной радиосвязи, формируемых бортовой аппаратурой, составляет 3840. Каналы формируются методом частотного (FDMA) и временного (TDMA) разделения. Способ модуляции QPSK со сглаживанием фазы сигнала и применение помехоустойчивого кодирования с прямым исправлением ошибок (FEC) позволяет реализовать высокую помехоустойчивость приема (вероятность ошибки 10^{-6}) при скорости передачи речи $V=2,4$ кбит/с

При частотном разделении полоса частот $\Delta f=10,5$ МГц, выделяемая бортовой станцией, делится на 250 частотных полос (250 субканалов) с шириной $\Delta f_{ск}=41, 67$ кГц каждая. В каждой полосе частот излучается своя несущая со скоростью цифрового потока $V=50$ кбит/с.

Временное разделение заключается во временном уплотнении каждого частотного субканала 4 каналами представляющими цифровые потоки со скоростью передачи $V=4,8$ кбит/с в каждом.

Циркуляция потока цифровой информации между мобильным терминалом и бортовой станцией происходит в виде обмена временных кадров (МДВР). Длительность каждого временного кадра составляет $t_{к}=90$ нс. В каждом временном кадре передаются сигналы земля-космос и космос-земля. Один канал с временным разделением обеспечивает передачу одного субканала длительностью $t_{с,к}=8,28$ мс.

Каналы радиосвязи L - диапазона, формируемые бортовой аппаратурой, закрепляются за отдельными мобильными терминалами и группами терминалов, а используются по мере поступления заявок на переговоры. При этом реализуется многочастотный и многоадресный доступ к бортовому ретранслятору. Это позволяет значительно увеличить пропускную способность космического комплекса.

Обеспечение высокой достоверности приема цифровой информации при данном виде модуляции и скорости передачи достигается большим энергетическим потенциалом радиолинии, несмотря на простую конструкцию ФУ мобильных терминалов. Требуемое отношение энергии сигнала к

спектральной плотности шума в абонентском канале L- диапазона составляет $h^2=E_c/G=6,1$ дБ.

При формировании каналов в К - диапазоне также используются метод частотного (FDMA) и временного (TDMA) разделения и модуляция класса QPSK. При этом вся выделенная полоса частот $\Delta f_{ск}=200$ МГц делится на 11 частотных полос (субканалов) с шириной $\Delta f_{ск}=15$ МГц. В каждом частотном субканале излучается своя несущая со скоростью цифрового потока $V=6,2,2$ Мбит/с. Для повышения достоверности при передаче используются коды с относительной скоростью $k/h=0,5$ поэтому скорость передачи информации в субканале составляет $V=3,125$ Мбит/с. Каждая BS6 обеспечивает передачу в К диапазоне двух несущих с общим числом каналов равным 3000.

Достоверность приема цифровой информации в К-диапазоне обеспечивается значительным энергетическим потенциалом при котором энергетический параметр равен $h^2=E_c/G=7,9$ дБ при средней вероятности ошибочного приема элемента сигнала равной $P_{ош}=10^{-7}$.

При формировании сетки космических линий радиосвязи между спутниками используется цифровой поток со скоростью $V=25$ Мбит/с. При частотном разделении каналов выделяемая полоса частот $\Delta f=200$ МГц делится на 8 частотных полос (8 субканалов) с полосой частот каждого $\Delta f_{ск}=25$ МГц. В каждом субканале передается цифровой поток со скоростью передачи информации $V_{ск}=12,5$ Мбит/с (относительная скорость кодирования $k/h=0,5$) При этом каждая BS6 передает 4 несущих (на каждый из соседних спутников) Общее количество каналов межспутниковой связи составляет $N_{с}=6000$ Достоверность приема цифровой информации обеспечивается энергетическим потенциалом космических радиолиний с параметрами $h^2=E_c/G=7,9$ дБ. Средняя вероятность ошибочного приема элементов сигнала в каналах межспутниковой связи составляет $P_{ош} \approx 10^{-7}$.

Наличие широко разветвленной сетки линий космической радиосвязи позволяет в стандарте IRIDIUM отказаться от большого числа станций сопряжения (общее количество $BSh \approx 10...20$). Каждая станция сопряжения может обслуживать несколько европейских стран. Это приводит к тому, что удаленные телефонные абоненты сети ТФОП, не имеющие мобильных терминалов, для использования стандарта IRIDIUM должны дозваниваться до станции сопряжения через несколько АТС. Это увеличивает стоимость эксплуатации системы.

Автоматизация процессов коммутации в сети мобильной спутниковой радиосвязи позволяет мобильному абоненту иметь постоянный индивидуальный номер который сохраняется за ним вне зависимости от места его нахождения.

Каждый мобильный терминал приписывается к своей станции сопряжения, которая сохраняет в своей памяти данные домашних абонентов и постоянно обновляемые данные об их перемещениях.

3. Спутниковые ССПС GLOBALSTAR и СИГНАЛ

Спутниковая ССПС GLOBALSTAR, разработанная консорциумом американских фирм Loral, Qualcomm, является функциональным дополнением наземных сотовых сетей радиотелефонной связи. Система кроме персональной радиотелефонной связи обеспечивает также факсимильную радиосвязь, передачу данных и определение местоположения MS на местности.

Наземная инфраструктура стандарта GLOBALSTAR включает центр управления наземной сетью (GOSC), центр управления и контроля орбитальным сегментом (SOCC). Центры управления связаны между собой сетью связи Globalstar Data Network, которая объединяет также 43 станции сопряжения (BSN). Центр управления наземной сетью (GOSC) осуществляет планирование трафика, управляет и контролирует сетевые ресурсы системы. Центр управления и контроля орбитальным сегментом (SOCC) с помощью командно-телеметрических станций осуществляет контроль орбит и следит за состоянием КА. Он подключается к специальной BSN, имеющей телеметрическую аппаратуру для приема и передачи команд управления на КА. В отличие от системы Iridium каждая станция сопряжения стандарта Globalstar размещается в зоне покрытия своего КА и обеспечивает интерфейс с сетью ТФОП, телефаксом и сетью ПД. Мобильные терминалы персональной связи являются средствами индивидуального пользования.

Космический сегмент системы Globalstar включает группировку из 48 основных и 8 резервных КА, которые располагаются в 8 орбитальных плоскостях с по 6 КА в каждой. Круговые орбиты вращения имеют высоту 1414 км с наклонением к экватору на угол 52° . Сдвиги между КА в соседних орбитах составляют $7,5^\circ$. Такая организация космического сегмента позволяет, в отличие от системы Iridium, создавать зону покрытия одновременно двумя КА.

Линии радиосвязи, формируемые между бортовыми ретрансляторами и мобильными терминалами, работают в диапазонах частот L и S. В L-диапазоне частот (1610...1626,5) МГц формируется линия земля-космос. В S-диапазоне частот (2483,5...2500) МГц формируется линия космос-земля. Спектры L и S диапазонов частот разделяются на 13 поддиапазонов (13 субканалов) с шириной полосы частот каждого равной $\Delta f_{\text{с.к}} = 1,25$ МГц.

В качестве бортовых антенн диапазонов S и L применяются АФАР, формирующие 16 парциальных лучей. Коэффициенты усиления в лучах по мере удаления от центра ЗО увеличиваются, что позволяет создавать равномерную плотность потока мощности во всей ЗО. Для связи между BS₆ и BS₃ (фидерная линия) используется антенна в С диапазоне в направлении земля-космос 5091-5250 МГц и в направлении космос-земля 6875-7055 МГц. Общая пропускная способность фидерной линии составляет 2400 каналов ТЧ.

В отличие от системы Iridium субканалы в системе Globalstar формируются комбинацией методов кодового (CDMA) и частотного (FDMA) разделения. Метод CDMA основан на выделении из общего цифрового потока

в общей полосе частот L (S) диапазонов своего информационного субпотока путем адресного распознавания информации. Таким образом, общий цифровой поток имеет вид шумоподобного сигнала (ШПС) с широкой полосой частот. Использование ШПС позволяет существенно снизить корреляцию между парциальными лучами и использовать одинаковые частоты в разных лучах. Использование многоканальной приемника Globalstar позволяет повысить энергетические показатели радиолиний путем эффективной борьбы с помехами и обеспечивать высокую пропускную способность системы. Применение ШП обеспечивает плавное переключение MS с одного ретранслятора на другой процессе ведения связи. При этом радиостанция одновременно принимает сигналы с двух спутников и автоматически выбирает сигналы с большей энергетическим параметром $h^2 = E_c/G$ (мягкий Handover).

В системе Globalstar не создается сетка линий космической связи между спутниками. Это существенно упрощает и удешевляет космический комплекс. Основная телекоммуникационная нагрузка ложится на региональные системы ТФОП в которых подключены станции сопряжения BS_n.

Перечисленные особенности построения системы Globalstar обеспечивают по сравнению с системой Iridium существенное повышение эффективности и экономической рентабельности. Это определило успех системы Globalstar в конкурентной борьбе.

Спутниковая ССПС "Сигнал" (РФ) разработана АО "Международная конперном космической связи" (АО МККС "КОСС"). Основное назначение системы - обеспечение цифровой радиотелефонной связи, передачи данных пейджинга.

Космический сегмент включает группировку из 48 КА, размещенных в 4-х орбитах по 12 КА в каждой. Высоты орбит составляют 1500 км с наклонением к экваториальной плоскости 74° .

Наземной комплекс аппаратуры включает центр управления полетом (ЦУП), центр управления связью (ЦУС), баллистико-навигационный центр (БНЦ), узловую станцию (УС), центральную базовую станцию (ЦБС) сетевых базовых станций. Глобальный трафик в системе осуществляется через УС и ЦБС через профессиональной сети ТФОП. Базовые станции BS₆ и BS_n являются интерфейсами между MS региональной частью системы. Такая структура обеспечивает выход MS на государственную сеть ТФОП с минимальным количеством коммутаций.

Для связи по линии космос-земля бортовая АФАР формирует 6-лучевая лепестки диаграмм направленности в диапазонах 270,075-275 МГц, 311,3-322,0 МГц, 1535,0-1558,76 МГц, 2170,0-2200,0 МГц, 2483,6-2500,0 МГц. Линии земля-космос формируются в диапазонах 335,4-343,5 МГц, 386,5-399,9 МГц, 1631,5-1655,26 МГц, 1980,02010,0 МГц, 1610,0-1625,5 МГц.

Фидерные линии MS через станции сопряжения BS_n формируются помощью трехлучевых лепестков диаграмм направленности в диапазоне космос-земля 11650-11700 МГц, 15450-15650 МГц. Фидерные линии земля-космос используют диапазоны 14170-14220 МГц, 19300-19600 МГц.

Радиолинии В₈ используют диапазоны частот по направлению к космос-земля 18800-19300 МГц, земля-космос 28600-29100 МГц. Фидерные линии В₈ используют диапазоны в направлении космос-земля 18800-19700 МГц, земля-космос 2860-29100 МГц.

Пейджинговая связь обеспечивается в диапазоне 385,0-386,5 МГц.

Мобильные терминалы используют орбонаправленные антенны, работающие в режиме автосопроявления.

Система "Сигнал" реализует частотно-кодвое (FDMA-CDMA)

разделение каналов в сочетании с пространственной поляризацией. Каждый бортовой ретранслятор формирует несколько каналов различного назначения:

- информационные;
- системы сигнализации SS №7 (канал запросов);
- технического управления;
- односторонний канал космос-земля "МАЖК" (маркер опознавания ретранслятора);
- односторонний канал земля-космос (для включения ретранслятора при входе в зону радиовидимости В₈).

При передаче цифровой информации используются четырехпозиционные сигналы с относительно фазовой манипуляцией (ОФМ) и сплавиванием фазы. Кроме того цифровой поток каждого ретранслятора модулируется индивидуальной псевдошумовой последовательностью (ПП) длительностью $T_{PP} = 3224$ бит.

В каждом луче формируется 10 дуплексных каналов связи с шагом сетки частот $\Delta f_c = 25$ кГц. Для доступа к служебному каналу при организации радиосвязи используется метод временного разделения каналов с форматированием цифровых кадров (протоколы АЛОНА). Для работы в информационном канале используются протоколы многостанционного доступа с прослушиванием несущей и обнаружением конфликтов (МДПНОК).

При организации связи ВS6 с ВS₈ создается фиксированная схема коммутации при которой каждой линии земля - космос строго соответствует определенная линия космос-земля в каждом луче. При организации линии космос-земля ретранслятор использует три луча для обеспечения двусторонней связи с тремя ВS₈.

4. Спутниковая ССПС ODYSSEY

Спутниковая ССПС ODYSSEY (США) представляет собой наземно-космический комплекс цифровой радиотелефонной, факсимильной, пейджинговой связи, передачи данных и радиовещания. Система ODYSSEY относится к группе МЕО.

Наземная инфраструктура системы включает сетевой центр (СЦ) и 7 центральных наземных станций (ЦС), связанных между собой магистральными единичными линиями и с региональной сетью ТФОП. Центральные

станции (ЦС) обеспечивают также сопряжение с КА космического сегмента системы. Каждая ЦС обслуживает свой регион. В состав ЦС входит 4 следящих параболических антенн (ПА). Три ПА обеспечивают связь с КА, а четвертая ПА обеспечивает переретрансляцию цифровых потоков с одного КА на другой, находящийся в зоне радиовидимости ЦС.

Линии космос-земля ЦС формируются в диапазоне частот 19,3-19,6 ГГц, линии земля-космос - 29,29,4 ГГц. Коэффициент усиления ПА на прием и передачу составляют соответственно 64,8 и 60,8 дБ.

Космический сегмент системы ODYSSEY включает 12 бортовых базовых станций (ВS6), размещаемых на КА с круговыми орбитами вращения. Распределяются КА в 3-х орбитальных плоскостях с наклоном 50° по 4 КА в каждой. Такая группировка с высотой орбит 10354 км позволяет создавать двумя КА статическую зону покрытия диаметром более 7000 км, обслуживаемую одной ЦС.

Многолучевые антенные системы КА создают 61 парциальный луч, что обеспечивает формирование на поверхности земли сетевой структуры с рабочими углами места MS не менее 30° . Это существенно снижает уровень интерференционных замираний сигналов при отражении радиоволн от окружающих объектов.

Система ODYSSEY использует кодовое разделение каналов (СДМА) на основе использования ШПС. Применение ШПС обеспечивает плавное переключение MS с одного ретранслятора на другой в процессе ведения связи.

Мобильные терминалы персональной связи (MS) системы ODYSSEY имеют выходные мощности 0,5 Вт и являются средствами индивидуального пользования по принципу "трубка в руке". Бортовые наземные терминалы имеют выходную мощность 5 Вт. Антенны MS типа четырехзаконная спираль имеют коэффициент усиления 2,5 дБ. Это обеспечивает энергетический параметр линии земля-космос не менее 6-10 дБ. Скорость цифрового потока в режиме передачи речи составляет 4,8 кбит/с и в режиме передачи данных 9,6 кбит/с. Один КА формирует цифровой поток эквивалентный 2800 каналам ТЧ.

Таким образом, несмотря на использование тяжелых КА и достаточно высокие орбиты вращения система ODYSSEY успешно конкурирует с системой Globalstar на рынке информационных услуг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совершенствование ССПС в 20-м веке, определяется общими тенденциями мирового экономического развития, порождающими новый гигантский сектор рынка информационных услуг.

Техническую основу рынка информационных услуг будут составлять телекоммуникационные технологии (микроэлектроника, большие интегральные схемы, электропровод, новые сетевые архитектуры и стандарты), обеспечивающие:

- высокоскоростную передачу данных (144 Кбит/с - 2 Мбит/с);
- интеграцию услуг, предоставляемых фиксированными и мобильными сетями связи;

- интеграцию услуг, предоставляемых локальными, региональными и глобальными сетями мобильной связи, включая обеспечение глобального роуминга и выход на глобальные спутниковые сети связи;
- прием мультимедийной информации (речь, текст, данные, видео, аудио, подвижные изображения и т.п.) на мобильный терминал пользователя;
- интерактивное взаимодействие с Web-информацией и другими Internet-услугами;

- создание многофункциональных, удобных, компактных и относительно недорогих мобильных мобильных терминалов.

Международный Союз Электросвязи (ITU), в общей гамме телекоммуникационных технологий выделяет *преимущественное развитие систем мобильной связи*, обеспечивающих активную работу потребителей. Важнейшим условием активной работы, бизнеса и прогресса становится свобода передвижения и свобода выбора места и времени для принятия решения, когда потребность в информации настолько важна, что нет времени возвращаться в офис или искать фиксированный терминал связи.

Широкое развитие рынка мобильной связи все в большей мере будет определяться не только бизнес-сектором, но и потребительским сектором, где массовое мультимедийное содержание будет активно проникать во все сегменты потребительского рынка. Международный Союз Электросвязи (ITU) отмечает, что в 20-м столетии сети мобильной связи будут составлять важнейшую составляющую Глобального Информационного Общества. Мобильные ССПС новых поколений будут не просто доступным, но и массовым средством телефонной связи. Рынок мобильной связи уже к 2010 г. превзойдет важную критическую черту количества пользователей 200 миллионов абонентов и еще более укрепит свои позиции.

Европейская Комиссия по развитию мобильных коммуникаций, созданная еще в 1994 г, определила важнейшие принципы построения общеевропейской телекоммуникационной инфраструктуры и заложила основу технической политики по созданию Универсальной мобильной телекоммуникационной системы 3-го поколения DMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

Европейская программа исследований, изложенная в "Зеленом Докладе о развитии Мобильных и Персональных Коммуникаций", определяет создание

усовершенствованных коммуникационных технологий и услуг АСТS (Advanced Communications Technologies & Services). В настоящее время АСТS объединяет более 160 проектов, среди которых около 30 проектов имеют непосредственный отношение к созданию мобильных и беспроводных систем связи 3-го поколения. В проектах мобильной связи АСТS в качестве основных целевых установок приняты следующие:

- исследование факторов, определяющих выбор и проектирование радио интерфейсов мобильных систем 3-го поколения;
- проектирование мобильных терминалов, использующих новые технологии и требования пользователей;

- разработка всех аспектов сетевой архитектуры будущих мобильных систем (UMTS, MBS, WLAN), включая детальную проработку коммуникационных протоколов, уровней структуры услуг связи, вопросов межсетевое взаимодействие, выбора оптимальных радиointерфейсов.

Технологическими областями исследований также объявлены следующие направления:

- фотонно-оптические технологии;
- инженерные методы, управление связью и защита информации;
- интерактивные цифровые мультимедийные службы.

Промышленная группа MDI (Mobile Data Initiative - Инициатива Мобильных Данных), включающая корпорации IBM, Toshiba, Compaq, Nokia, Ericsson и т.д. крупный оператор мобильной связи поставила перед своими участниками стратегических задач:

- объединения усилий в развитии цифровых сетей, мобильных терминалов портативных ПК;
- обеспечения совместимости технических решений в области мобильной связи и компьютеров;

- принятия согласованных технических стандартов операторами мобильной связи и соответствующими координирующими ассоциациями и группами.

Гигант микроэлектроники- фирма Intel Corporation объявила о разработке программ-драйверов для мобильных ПК и обеспечения развития базовых мобильной операционной системы Windows CE, которая в течение ближайших 3-х лет станет базовой операционной системой для интерактивного телевидения автомобильных и носимых персональных компьютеров и мультимедийных радиотелефонов.

В Северной Америке создана группа GSM Alliance, в состав которой вошли основные региональные операторы мобильной связи UMTS Forum поставила перед собой задачу согласованной технической политики и промышленной кооперации обеспечивающих реализацию проекта Сетевого Компьютера.

Сетевой Компьютеринг - это новая технологическая среда, основу которой составляют комбинация технологий Web, Internet и мобильной связи. Сетевой Компьютеринг должен составлять основу глобальной инфраструктуры мирового экономики, охватывающий практически все прикладные области

обеспечивающий перспективные коммуникационные инфраструктуры для офисных и корпоративных систем (на базе Internet) и распределенных систем глобального характера.

Ставится задача построения универсальной системы коммуникаций по критерию "производительность - стоимость", удобной и простой для потребителя, объединяющая глобальную сеть (типа Internet) и сеть мобильной связи средств связи для доступа потребителя к источнику информации в условиях любых географических и временных соотношений.

Сетевой Компьютинг обеспечивает исключительно успешные альтернативы многим традиционным технологиям (телефонии, радиовещанию, масс-медиа), создает универсальные потребительские рынки, где важнейшая роль принадлежит мультимедийной информации, массовой доступности услуг связи и всеобщности применений (электронные игры, дистанционное образование, электронная коммерция, телеработа, анкетные опросы населения, туризм и путешествия, коллекционирование).

Сетевой Компьютинг на основе Internet-платформы обеспечит доступность информации каждой школе, каждому дому, офису и общественным местам.

Доступ к новым Web-технологиям является одной из важнейших задач, стоящих перед мобильными системами 3-го поколения.

Свойство универсальности и административной независимости клиента, способного получить сервис от любого Web-узла, во многом перекликается с универсальностью мобильного терминала связи будущей службы UPT (Universal Personal Telecommunication - Универсальная персональная телекоммуникация), который должен обслуживаться в любой географической точке и идентифицироваться единым телефонным номером.

Концепция Сетевого Компьютера (СК) адекватно соответствует концепции многофункционального мультимедийного терминала мобильной связи. Сетевой Компьютер может быть "вложен" технически и программно в мобильный терминал (MT). Для полного функционального соответствия СК и MT необходимо в мобильном терминале обеспечить:

- реализацию транспортного протокола;
- реализацию Web-ориентированных протоколов 6-го и 7-го уровней;
- реализацию высокоскоростной и надежной мобильной связи между клиентом и сервером на скорости передачи данных не менее 144 Кбит/с.

С большой уверенностью можно утверждать, что к 2005 году будут созданы мобильные терминалы, отвечающие всем требованиям модели Сетевого Компьютинга. Например, пользователь мобильного терминала, обращаясь к Web-каталогу офисной мебели, может скопировать требуемый набор предметов мебели, задать их взаимное расположение и получить различные характеристики по стоимости. УСЛОВИЯМ доставки, сборки и т.п.

Интерактивное обращение означает, что необходимые операции могут динамично повторяться с данным Web-каталогом или с другими Web-узлами стандартным образом.

Внедрение проекта Сетевого Компьютинга в экономику приведет к переоценке ценностей. Все большую ценность будут приобретать не физические накопленные (недвижимость, деньги или другие материальные ценности), а цифровые ценности (активы - электронная массовая информация, базы профессиональных данных, электронные финансовые инструменты, каналы связи, Web-серверы, мультимедийные терминалы, банки персональных данных с географической медицинской и профессиональной информацией, банки данных о месторождениях запасов ресурсов, электронные системы управления военным оружием, гибко автоматизированные производства и т.п. Цифровизация связи и межперсональный коммуникаций. все более широкое применение компьютеров и связи здравоохранении, образовании и народном хозяйстве радикально преобразует деловую и общественную жизнь. Это позволит использовать новые возможности мобильных систем связи в образовании, медицине, бизнесе и развлечениях.

На основе Сетевого компьютеринга будет обеспечиваться взаимосвязь бизнеса и потребительских рынков на всех стадиях планирования, производства, распределения товаров и услуг. Бизнес и персональные знания насыщают коммуникациями, многие чисто посреднические услуги станут ненужными, основой партнерства повсеместно будут сетевые взаимодействия и обмен электронной информацией.

Перспективы мобильного бизнеса, где связь и оперативный доступ к информации становятся базовой платформой делового партнерства, во многом определяются общемировой тенденцией - ростом деловой активности нефинансированных ситуаций. т.е. в деловых переговорах, поездках, межфирменных перемещениях, в очередях, перерывах между совещаниями, гимнастическими занятиях и т.п. Кроме того, следует также учитывать рост спроса на *мобильные услуги связи* со стороны служащих и специалистов, работающих на "открытом воздухе" и занятых в сфере транспорта, медицины, строительства, военного дела, охраны правопорядка, экологии, горного дела, сельского и рыбного хозяйства также в сферах оказания разнообразных услуг населению. Очевидно, что во всех этих работах производительность труда, эффективность использования рабочего времени, оперативность и качество услуг становятся важными факторами роста спроса на *мобильную связь*. Во многих важных областях мобильные формы деловой активности постепенно преобразуются в специализированные *мобильные бизнес-структуры*:

- *мобильный офис* - совокупность мобильных персональных средств деловой деятельности. ведения баз данных, доступа к корпоративной информации Internet-ресурсам, электронной почты;

- *мобильное виртуальное предпринимательство* - группа географически распределенных бизнесменов и служащих, проводящих средствами видеоконференций мобильных сетевых взаимодействий быстрые бизнес-операции, сделки, переговоры и т.п. для выполнения общих бизнес-проектов;

- *мобильный учебный класс* - беспроводные средства доступа учащегося преподавателей к учебным материалам и курсам, решения и тестирован

контрольных задач, учебного проектирования и выполнения лабораторных работ, учебного консультирования;

- *мобильная амбулатория* - мобильные средства оперативной медицинской диагностики и персонального консультирования, локального и дистанционного анализа состояния организма, и многих других медицинских задач;

- *мобильный диспетчер* - проблемно-ориентированные мобильные системы (в строительстве, огневой и розничной торговле, аэродромных службах, пожарном деле, охране производственных объектов и т.п.), обеспечивающие сбор оперативной информации, контроль производственных процессов, управление службами и технологическими процессами.

В Европе уже к 2005 году прогнозируется рост числа абонентов деловой мобильной связи (базовые услуги голосовой связи и передачи данных) до 85 млн. человек. Доля пользователей мобильных мультимедийных услуг достигнет к этому времени 10% (бизнес-применения) и около 15% (массовые услуги) от общего числа абонентов мобильной связи.

Таким образом, в пользу ускоренного развития мобильных систем 3-го поколения начинают все более активно действовать факторы рыночной конкуренции и борьбы за новые стандарты связи. Прогнозируется опережающий рост инвестиций в *мобильную связь* по сравнению с фиксированными сетями. По крайней мере три огромных потребительских рынка (Японии, Европы и Северной Америки) будут воздействовать нарастающим потенциалом спроса на темпы внедрения *новых технологий мобильной связи*.

Сетевой Комьюторинг предусматривает создание мультимедийных мобильных коммуникаций. Ассоциация IMA (Interactive Multimedia Association) определяет мультимедиа как объединение двух или более типов сред, обрабатываемых, интерпретируемых или воспроизводимых синхронно при помощи компьютерных и/или других электронных технологий.

Для мультимедийных коммуникаций определяющими свойствами являются информационный транспорт (передача по каналам связи) мультимедийных объектов и их адекватное отображение на терминале.

Массовая мобильная связь невозможна без коммуникационных стандартов, имеющих глобальное распространение. Мобильные системы будущего, приходящие на смену устаревшим системам после 2005 года, потребуют создания универсальных мультимедийных стандартов, пригодных для всех видов коммуникаций и различных потребительских применений.

Таким образом, мобильность, мультимедиа и стандартизация рассматриваются как концепции перемотра существующих узкоспециальных стандартов радиовещания, телевидения, телефонии, электронной почты.

Рынок мобильной связи рывками движется вперед под действием новых технологических достижений

Уже в настоящее время созданы протоколы WAP (Wireless Application Protocol) мобильной интерактивной связи с Internet. В качестве универсальной коммуникационной платформы, обеспечивающей мобильную связь портативных и ручных компьютеров с Internet.

Протоколы обеспечивают аппаратно независимую разработку прикладных программ для мобильных терминалов, реализующих многие пользовательские функции: - управление персональными телефонными профилями;

- стандартную обработку голосовых, факсимильных сообщений,

включая работу с личными почтовыми ящиками;

- информационно-справочные функции и ведение справочных баз данных;

- доступа к Internet-ресурсам и работы с мультимедийной информацией.

Концепция WAP исходит из принципиальных ограничений клавиатуры дисплея мобильных портативных терминалов, где универсальный и сложный синтаксис, учитывающий многообразные структур документы, страниц, таблиц является избыточным и неудобным с точки зрения типичного пользователя.

Корпорация Microsoft представила новую версию Windows CE, являющуюся совместимым аналогом стандартной операционной системы Windows для ПЭВМ Версия CE (Consumer Electronics) разработана для широкого спектра малогабаритных устройств обработки информации ручных компьютеров пейджеров, персональных коммуникаторов, автомобильных компьютеров контроллеров бытовой техники.

Совместимость Windows CE с Windows ПК обеспечивает стандартный обмен данными и совместимость различных инструментальных средств мобильных офисных систем. Используемые на рынке Internet (Web-браузеры, прикладные протоколы, мультимедийные приложения существенно облегчают интеграцию мобильных терминалов с Web-приложениями.

Для перспективных ССПС создается новый гибридный стандарт связи TDMA/CDMA (TD-CDMA) по принципу совмещения двух технологий GSM/CDMA. В новом стандарте используются результаты исследований специалистов фирмы Siemens. Наиболее важным достоинством новой гибридной схемы TD-CDMA является совместимость с GSM-технологией и возможность постепенного внедрения нового стандарта в действующих сетях GSM.

В Японии при активной поддержке фирм Ericsson и Nokia уже в 2000 году заработает мобильная связь 3-го поколения.

В настоящее время в Европе ведутся работы по созданию проекта ETSI рамках ACTS. по стандартизации протоколов радио доступа, ориентированных требования систем 3-го поколения. Разрабатывается гибридная технология TD/CDMA, получившая название FRAMES и позволяющая обеспечить:

- широкий набор услуг мобильной связи;

- скорости передачи данных: до 144 Кбит/с для движущихся объектов; до 3 Кбит/с для городских условий; до 2 Мбит/с для офисных и других локальных ограниченных условий;

- транспортные услуги по технологии коммутируемых каналов и с коммутацией цифровых пакетов.

Проект FRAMES обеспечивает преемственную связь двух международных стандартов UMTS и IMT-2000 с платформой GSM.

Концепция множественного доступа FRAMES (FMA) должна обеспечить совместимость с базовой сетью GSM. В частности инфраструктурные

компонентами MSC (центр коммутации мобильной связи) и GPRS (обобщенные услуги пакетной радио передачи).

Для стандарта UMTS выделяются дополнительные полосы частот: 2360-2400, 2483,5-2520 и 2520-2670 МГц

Частотный спектр, предназначенный для использования UMTS, должен обеспечивать широкополосную связь и предоставление мультимедийных услуг в диапазоне скоростей передачи данных 144 Кбит/с - 2 Мбит/с.

Литература

1. Концепция построения сети сухопутной подвижной связи общего пользования (ССПС ОП) в Украине. УНИИС. 1995.
2. Державний стандарт України. Радіозв'язок. Терміни та визначення. ДСТ 3254-95. Київ 1995. ГОСТ 16019-78. Радиостанции сухопутной подвижной службы.
3. Справочник по теоретическим основам радиоэлектронике.
4. Под редакцией Д.А. Куликовского. М.: Энергия. 1997.
5. Бородин Л.ф. Введение в теорию помехоустойчивого кодирования. М.;Соврадио.1968.
6. Быховский М.А. Частотное планирование сотовых сетей подвижной радиосвязи. Электросвязь. 1993, №8.
7. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной связи. Технологии электронных коммуникаций. Том 67. М.;1966.
8. Гольдштейн Б.С. Сигнализация в сетях связи. М.; Радио и связь, 1997.
9. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. М.;Связь,1972.
10. Доровских А.В., Сикарев А.А. Сети связи с подвижными объектами. Киев Техника.1989.
11. Ейот Е.О. Модель коммутируемой телефонной линии для передачи данных. М.; Мир.1966.
12. Veuger L.M., Mandelbrot V. Модель группирования ошибок при передаче данных по телефонным линиям. Статистика ошибок при передаче цифровой информации. М.;Мир.1966.
13. Зуев Г.Г., Чайников Л.С. О группировании ошибок в каналах с нормальным логарифмическим распределением состояний. М.;ВНИИ.1975
14. Кашперовский В.Е. О корреляции электропроводности почв и их физических свойств. Геомagnetизм и аномалия. Т.3.1963.
15. Кловский Д.Д. Теория передачи сигналов. М.;Связь. 1973.
16. Ю.В. Корнеев, М.О. Чумаков. Мережі та системи мобільного зв'язку. Одеса.1996.
17. Р. Кенеди. Каналы связи с замираниями и рассеиванием. М.;Соврадио.1973.
18. Ж.Уайт, Дональд Р. Электромагнитная совместимость радиоэлектрон средств и непреднамеренные помех М.;Соврадио.1975.
19. Под редакцией У.К. Джейкса. Связь с подвижными объектами в диапазоне СВЧ. М.; Связь. 1976.
20. Системы подвижной радиосвязи, под редакцией И.М. Пышкина.. М.; Радио и связь. 1986.
21. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. М.; Радио.1968.
22. Радиоприемные устройства, под редакцией Сифорова.. М.; Соврадио.19
23. Ли, Уильям К. Техника подвижных систем связи. М.; Радио и связь. 198

24. А.О. Лившиц, А.П. Биленко. Многоканальные асинхронные системы передачи информации. М.: Связь. 1985.
25. Под редакцией Вейцеля. Основы радиуправления. М.: Соврадио. 1973.
26. Л.Я. Кантор, И.С. Поволоцкий. Системы персональной подвижной связи через ИСЗ. Центр передачи технической информации ИФОРМСВЯЗЬ. М. 1994.
27. Под редакцией В.Б. Пестрякова. Шумоподобные сигналы в системах передачи информации. М.: Соврадио. 1979.
28. Обоимов А.Я. Деревяшко С.А. Проблемы организации сети подвижной радиосвязи общего пользования. Электросвязь. №8. 1991.
29. П.И. Пенин. Системы передачи цифровой информации. Соврадио. 1976.
30. Питерсон Д., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. М.: Мир. 1978.
31. Пуртов Л.П., Замрий А.С., Захаров А.И., Охорзин З.М. Элементы теории передачи цифровой информации. М.: Связь. 1982.
32. А.Ф. Фомин. Помехоустойчивость систем передачи непрерывных сообщений. М.: Соврадио. 1975.
33. К.Фишер. Свойства систем подвижной связи с дальностью действия до 50 км, предназначенные для систем персонального вызова и передачи дискретной информации. Перевод МП-379,4, ГОНТИ, 1980.
34. Н.П. Хворостенко. Статистическая теория демодуляции дискретных сигналов. М.: Связь. 1968.
35. Чайников Л.С., Кириченко Г.Б. Автоматизованій контроль управління в мережах радіо і телевізійного мовлення. Київ. ККЗ. 1995.
36. Чайников Л.С. Принципы построения мобильных частотно-адаптивных адресных радиосистем. Киев. КВВУС. 1982.
37. Чайников Л.С., Лахусов В.В. Сравнительный анализ методов формирования дискретных сигналов при выборе адресных форм в адаптивных системах радиосвязи. М.: ЦИВТИ. 1984.
38. Чайников Л.С., Брагин А.С. Обобщенный критерий эффективности для оптимизации устройств обработки дискретной информации. М.: ЦИВТИ. 1984.
39. Чайников Л.С., Брагин А.С. О показателе группирования ошибок как функции параметров каналов. Сб. Теория и методы построения адаптивных систем обработки сложных сигналов. РДЭНТП. Киев. 1978.
40. Чайников Л.С. Модель дискретно-непрерывного канала мобильной адаптивной радиосистемы. ВНТК. Киев. 1982.
41. Чайников Л.С. Оптимизация параметров цифровых сигналов в сетях пакетной радиосвязи. Киевское управление научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова. Секция "Сети пакетной радиосвязи". Киев. НТК. 1990.
42. NORDDK MOBILE TELEPHONE. Technical specification for the mobile station. 3rd edition. Oktober 1979.

43. DX200 GENERAL DESCRIPTION (MTX) NOKIA. Telecommunications 1990.
44. Системы мобильной и радиопоисковой связи на базе изделий фирмы MOTOROLA. Атіs teleком українian joint venture. Киев. 1994.
45. Система поисковой радиосвязи STС-20000r. Raging sistem. Киев. 1994.
46. Хелстром К.В. Марковские процессы и их применение. Сб. Теория и связь. М.: Связь. 1979.
47. Andrew J. Viterbi. GDMA. Principles of Spread Spectrum Communication. Addison-Wesley Wireless Communications Series. 1997.
48. М.А. Шнепс. Системы распределения информации. Методы расчета. Справочное пособие. Москва. Связь, 1979.