

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.
Жуковского
"Харьковский авиационный институт"

А.А. Зеленский, В.Ф. Солодовник

СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ

Часть 3

Учебное пособие

Харьков "ХАИ" 2003

УДК 621.396

Системы радиосвязи / А.А. Зеленский, В.Ф. Солодовник. – Учеб. пособие. Ч. 3. - Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2003. – 90 с.

Приведены описания функционирующих и перспективных микросотовых систем беспроводной телефонии, систем беспроводного абонентского доступа и систем персонального радиовызова. Рассмотрены возможности, основные технические показатели, структурные схемы и принципы действия таких систем.

Для студентов и специалистов, изучающих, эксплуатирующих и разрабатывающих радиосистемы.

Ил. 32. Табл. 8. Библиогр.: 26 назв.

Р е ц е н з е н т ы: д-р техн. наук, проф. И.В. Кулемин,
канд. техн. наук, доц. Е.А. Милькевич

© Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.
Жуковского

"Харьковский авиационный институт", 2003

1. МИКРОСОТОВЫЕ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ

1.1. Стандарты микросотовых систем беспроводной телефонии

В настоящее время микросотовые системы беспроводной телефонии (МСБТ) составляют значительную конкуренцию сотовым системам связи. Как и первое поколение аналоговых сотовых систем, системы беспроводных телефонов первоначально развивались в национальных рамках. Первые МСБТ, появившиеся в 70-х годах в Европе, Азии и Северной Америке, работали в диапазоне частот 27...50 МГц. Передача аналоговых речевых сообщений осуществлялась с помощью частотной модуляции, количество рабочих каналов не превышало десяти. Дальность связи по направлению "подвижная станция - базовая станция" составляла 200 – 300 м.

В 1985 году СЕРТ – Европейская конференция администраций почт и связи – разработала первый стандарт СТ1 на системы беспроводных телефонов в полосе частот 900 МГц с 40 дуплексными каналами и частотным разделением каналов (FDMA). Связь осуществлялась только через индивидуальную базовую станцию со своим идентификационным кодом. Общее количество кодов – более миллиона. Сорока дуплексных каналов оказалось недостаточно для использования беспроводных телефонов стандарта СТ1 в деловой сфере. В Германии, Австрии и Швейцарии по согласованию с СЕРТ был принят расширенный стандарт СТ1+ с удвоенным количеством дуплексных каналов – 80. Однако в этих стандартах не обеспечивалась секретность передачи речевых сообщений [1 – 6].

Следующее поколение систем беспроводных телефонов было разработано в Великобритании. Новый стандарт, получивший обозначение СТ2, обеспечивал конфиденциальность переговоров и лучшее, чем в СТ1, качество приема речевых сообщений. Частотное разделение каналов уступило место временному дуплексному разделению (TDD), при котором на одном временном интервале осуществляется передача пакета сообщений от абонента, а на следующем интервале – прием пакета сообщений для этого абонента от базовой станции (рис. 1.1) [3, 5]. Обмен пакетами сообщений осуществляется на одной частоте. Стандарт СТ2 принят за основу при создании системы Telepoint, предназначенной для

одночастотной связи подвижных абонентов с абонентами фиксированной телефонной сети [1]. Связь в системе Telepoint осуществляется в зоне радиопорта (базовой станции) с дальностью до 200 м. Концепция Telepoint получила в Европе широкое распространение. Эта система в разработке компании British Telecom получила название Phonerpoint. Компания Ferranti (Великобритания) на ее основе разработала аналогичную систему Zonerphone. Концепция Telepoint в Германии нашла отражение в организации службы Birdie. Для совместной работы абонентских аппаратов в системах типа Telepoint разных изготовителей 10 стран Европы приняли единый СТ2-радиоинтерфейс, получивший название CA1 (Common Air Interface) – общий радиоинтерфейс [3]. Протокол CA1 получил обозначение ETS-300 131. Основой стандарта CA1 стала спецификация MPT 1375, опубликованная в 1989 г. английским Департаментом торговли и промышленности.

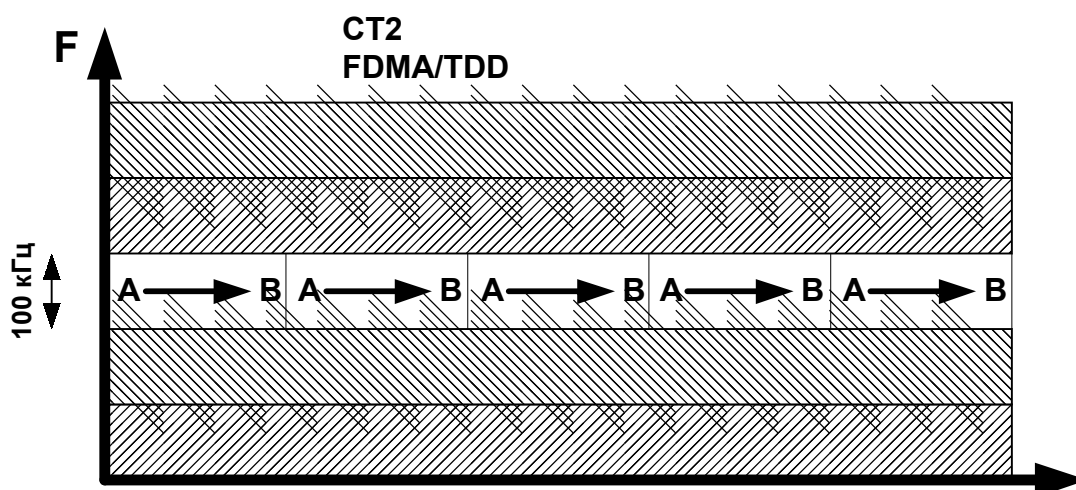


Рис. 1.1

В 1992 году Европейский институт стандартов ETSI принял стандарт ETS-300 175 на общеевропейскую систему беспроводных телефонов DECT, предназначенную для передачи речевых сообщений и данных.

В стандарте DECT используется временное разделение каналов в сочетании с временным дуплексным разделением режимов приема и передач [4]. Технические решения и службы в стандарте DECT близки к принятым в стандарте GSM. В частности, в стандарте DECT, как и в стандарте GSM, предусматривается связь с цифровыми сетями с интеграцией служб (ISDN), подключение к абонентскому аппарату терминала ввода данных, применение интеллектуальных

абонентских карт.

Первая система цифровых беспроводных телефонов, близкая к стандарту DECT, разработана и внедрена концерном Ericsson (Швеция). Эта система получила название PRE-DECT, или DCT-900 [6].

Принцип пакетной передачи сообщений в стандартах CT2, DCT-900 и DECT показан на рис. 1.2.

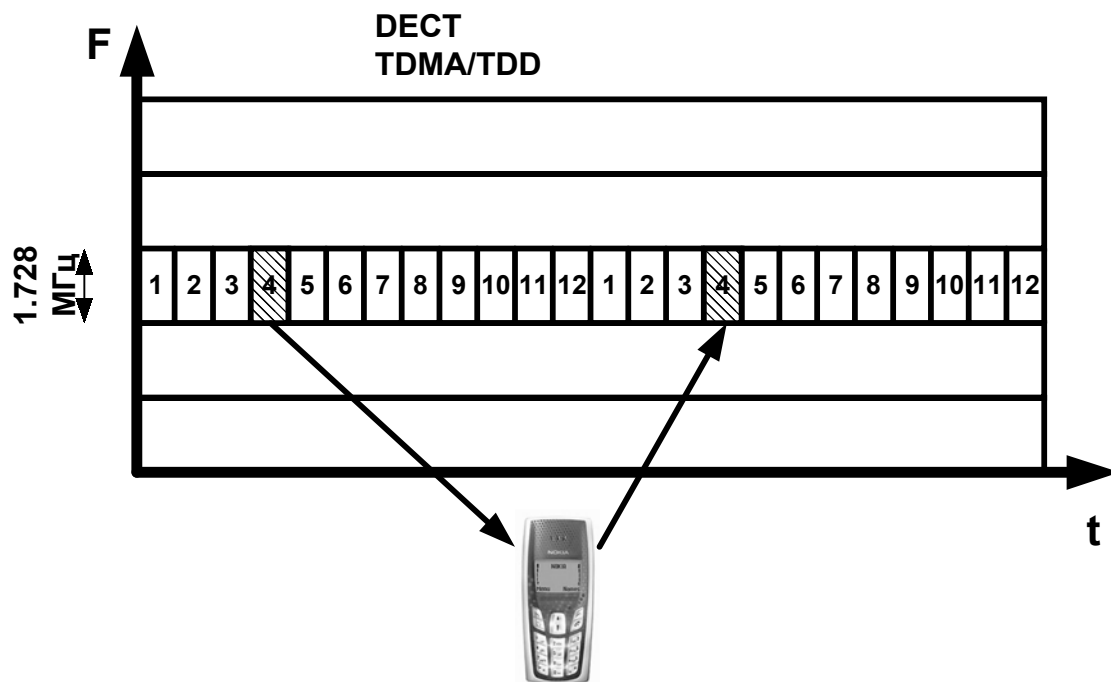


Рис. 1.2

Внедрение систем беспроводных телефонов рассматривается в рамках реализации концепции персональной связи (PCN), предусматривающей предоставление услуг "всегда и в любом месте" при использовании легких малогабаритных абонентских терминалов в рамках микросотовых и пикосотовых сетей связи.

Фактором, ограничивающим внедрение единых технологий и стандартов, реализующих концепцию PCN, является ограниченность и несовместимость спектра частот, выделенного для этих целей в Европе, США и Японии.

Европа является мировым лидером в распределении спектра. Европейское Сообщество (ЕС) выделило участки спектра частот: для стандарта CT2 – 864...868 МГц, для стандарта DECT – 1880...1900 МГц, для стандарта микросотовой персональной связи DCS-1800 – 1700...1880 МГц.

В США Федеральная комиссия связи (FCC) выпустила распоряжение, согласно которому службам персональной связи

отводится полоса частот 220 МГц в диапазоне 1800...2200 МГц [7]. В этом диапазоне компанией BELLCORE была разработана система беспроводной связи общего доступа PACS, активно развиваемая в настоящее время компанией Motorola. К настоящему времени некоторые изготовители систем радиосвязи в США уже выпускают средства персональной связи, работающие в нелицензируемых диапазонах, выделенных для промышленных, научных и медицинских целей (диапазон ISM).

Японские стандарты на цифровые сотовые системы подвижной радиосвязи предусматривают использование диапазонов 800 и 1500 МГц. Японский центр исследований и разработок систем радиосвязи (RCR) уже выделил полосу частот в диапазоне 1900 МГц для систем беспроводных телефонов типа Telepoint. Эта технология получила название PHS (Personal Handyphone System) – система персональных портативных телефонов. В Японии рассматривается также возможность выделения участка спектра частот для локальных беспроводных сетей, использующих технику CDMA [7].

Общая диаграмма распределения спектра частот для стандартов беспроводных телефонов и сотовых систем связи показана на рис. 1.3.

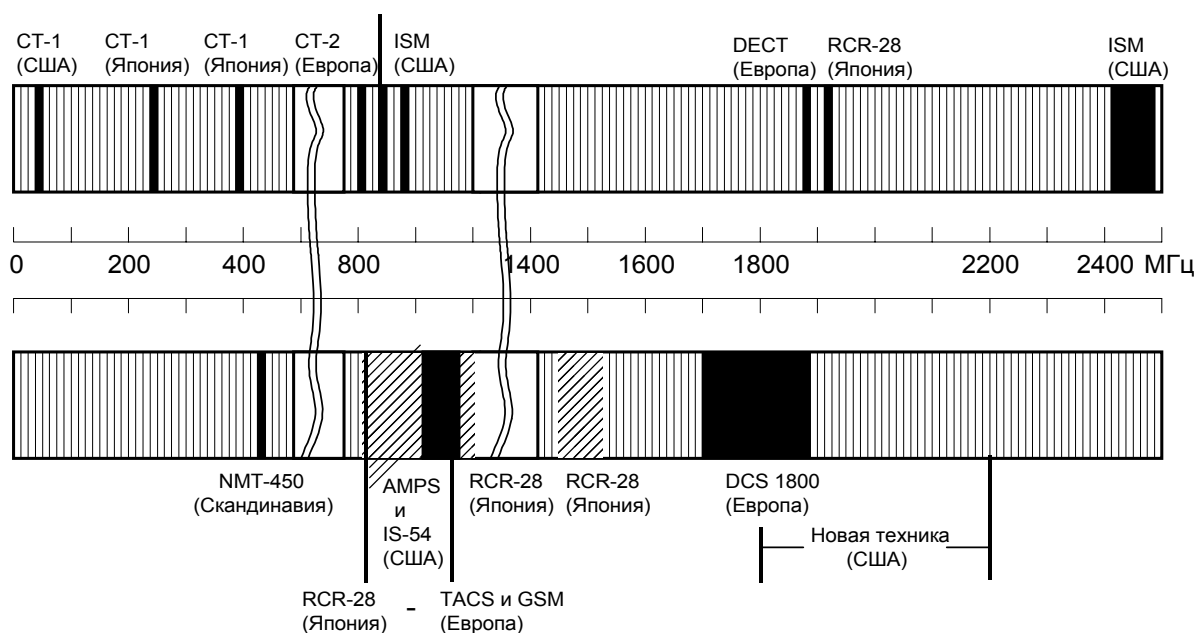


Рис. 1.3

В системах беспроводных телефонов микросотовая и пикосотовая топологии сетей с радиусом сот до 100 м позволяют обеспечить плотность трафика до 10000 Эрл/км², что значительно выше, чем в сотовых сетях. В табл. 1.1 приведены основные

характеристики стандартов беспроводных телефонов.

Таблица 1.1

Параметр	СТ1/СТ1+	СТ2	DCT-900	DECT
Начало эксплуатации, годы	1988	1990	1990	1992-1994
Частотный диапазон, МГц	825...837	864...868	800...1000 (862...866)	1880...1900
Разделение каналов	FDMA	FDMA/TDD	TDMA/TDD	TDMA/TDD
Разнос каналов, МГц	—	0,1	1,0	1,728
Максимальное количество радиоканалов	10	40	8	10
Количество одновременных вызовов на частотный канал	1	—	8	12
Общая емкость каналов связи	40/80	40	64	120
Количество несущих	40/80	40	8	10
Тип канала	Аналоговый	Цифровой	Цифровой	Цифровой
Пиковая мощность абонентского передатчика, мВт	—	10	—	250
Средняя мощность абонентского передатчика, мВт	—	5	5	10
Скорость передачи данных, кбит/с	—	72	32	32
Двухсторонний вызов	—	Исключен	Есть	Есть
Скорость передачи данных в канале, кбит/с	—	32	640	1152
Метод кодирования речи	—	ADPCM (G.721)	ADPCM (G.721)	ADPCM (G.721)
Канал управления	—	Для первого установления соединения используется речевой канал	—	Различные логические каналы C, P, Q, N
Количество бит, передаваемых в одном временном интервале (речевое сообщение / данные плюс сигналы управления)	—	66/68	616	420
Длительность временного интервала (включая защитный интервал), мкс	—	1	1000	417

Окончание табл. 1.1

Параметр	СТ1/СТ1+	СТ2	DCT-900	DECT
Период следования кадров, мс	—	—	—	10
Метод модуляции	ЧМ	GFSK (частотная манипуляция с фильтрацией в фильтре с гауссовой формой АЧХ)	GMSK BT=0,5	GMSK BT=0,5

Сравнительные характеристики стандартов беспроводной персональной связи DECT, PACS и PHS представлены в табл. 1.2 [8].

Таблица 1.2

Параметры	PHS	DECT	PACS
Регион	Япония	Европа	Америка
Диапазон частот, МГц	1895...1918	1880...1900	1850...1910 (вверх), 1930...1990 (вниз)
Число каналов связи на несущую	4 канала на станцию (77 несущих) для любой плотности населения	12 каналов на станцию (10 несущих) для большой плотности населения	8 каналов на станцию (200 несущих) для высокой плотности населения
Схема доступа	TDMA/TDD	TDMA/TDD	TDMA/FDD
Кодер/декодер речи, кбит/с	32	32	32
Частотная эффективность канала, кГц	75	144	75
Выходная мощность абонентской станции, мВт	10	10	200
Радиус зоны связи, м	100 - 500	50 - 150	300 - 500
Мобильность	Со скоростью автомобиля в центре города	Со скоростью пешехода	Со скоростью автомобиля в центре города
Начало предоставления услуг общего пользования, годы	1995	1996	1997

Окончание табл. 1.2

Параметры	PHS	DECT	PACS
Фирмы-изготовители	Motorola, NEC, Fujitsu, Mitsubishi, Panasonic, Oki, Toshiba, Hitachi	Philips, Ericsson, Siemens, Nokia, Alcatel	Motorola, Hughes, NEC, Hitachi, Panasonic
Оценка	Хорошо сбалансированная система, пригодная для общего пользования, работы в офисе и дома Гибкое расширение диапазона радиочастот Не требуется планирование частот, используется динамическое распределение каналов	Для дома и офиса, для беспроводных РВХ и в условиях движения Уязвимость при разбросе значений задержки сигналов Не требуется планирование частот, используется динамическое распределение каналов	Увеличение диапазона радиочастот ограничено (FDD) Требуется планирование частот при установке станций связи (квази-статическое автоматическое распределение частот)

1.2. Системы стандарта СТ2/CA1

По отношению к аналоговому стандарту СТ1 стандарт СТ2/CA1 обеспечивает более эффективное использование полосы частот, конфиденциальность передачи речевых сообщений, более высокое качество передачи речи. Беспроводные телефоны стандарта СТ2/CA1 обеспечивают передачу данных и взаимодействие с цифровыми сетями с интеграцией служб (ISDN). Применение цифровой технологии позволило реализовать на основе стандарта СТ2/CA1 системы связи как с входящими, так и с исходящими соединениями, а также "эстафетную передачу" абонента от одной базовой станции к другой. Новый стандарт с указанными выше возможностями получил название СТ2+. Первая сеть связи на основе стандарта СТ2+ была открыта в Канаде в 1992 году. В этой сети обеспечивались дополнительные каналы связи и канал управления для передачи абонента от одной станции к другой, а также организации сетевого роуминга. Служба предоставляла абонентам двухстороннюю связь. В настоящее время оборудование

стандарта CT2+ выпускается фирмами Sony, Motorola, Northern Telecom, Ericsson, Nokia и др. Стандарты CT2 и CT2+ приняты не только в Европе, но и в США и Азии.

Общая структурная схема системы беспроводных телефонов стандарта CT2 показана на рис. 1.4, где CA1 - common air interfac – общий радиointерфейс; CFP - cordless fixed part – стационарное оборудование беспроводной связи; CPP - cordless portable part – портативное (абонентское) оборудование беспроводной связи.

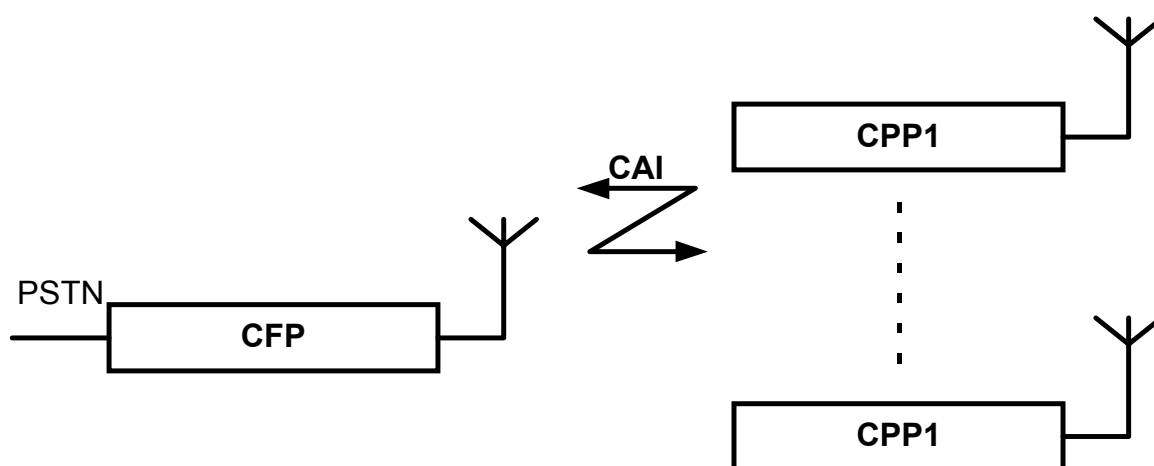


Рис. 1.4

Основным элементом является стационарное оборудование беспроводной связи (CFP - Cordless Fixed Part), соединенное с телефонной сетью, которое может связываться с 40 радиотелефонами беспроводной связи (CPP - Cordless Portable Part) через общий радиointерфейс CA1. Основные характеристики стандарта CT2/CA1 приведены в табл. 1.1.

Ширина полосы частот, выделенной для системы CT2, составляет 4 МГц, разнос соседних каналов – 100 кГц. Номинальное значение частоты первого канала равно 864,150 МГц, последнего – 868,050 МГц.

Для исключения взаимных помех предъявляются жесткие требования к точности установки и нестабильности частоты каналов связи. Наибольшее отклонение номиналов частот CPP/CPР должно превышать 10 кГц. В системах стандарта CT2 сообщения передаются со скоростью 72 кбит/с в режиме временного дуплекса.

Протокол одного цикла приема/передачи сообщений в режиме временного дуплекса для различных режимов уплотнения каналов

показан на рис. 1.5. Полный цикл обмена пакетами сообщений продолжается 2 мс, что соответствует 144 битам.

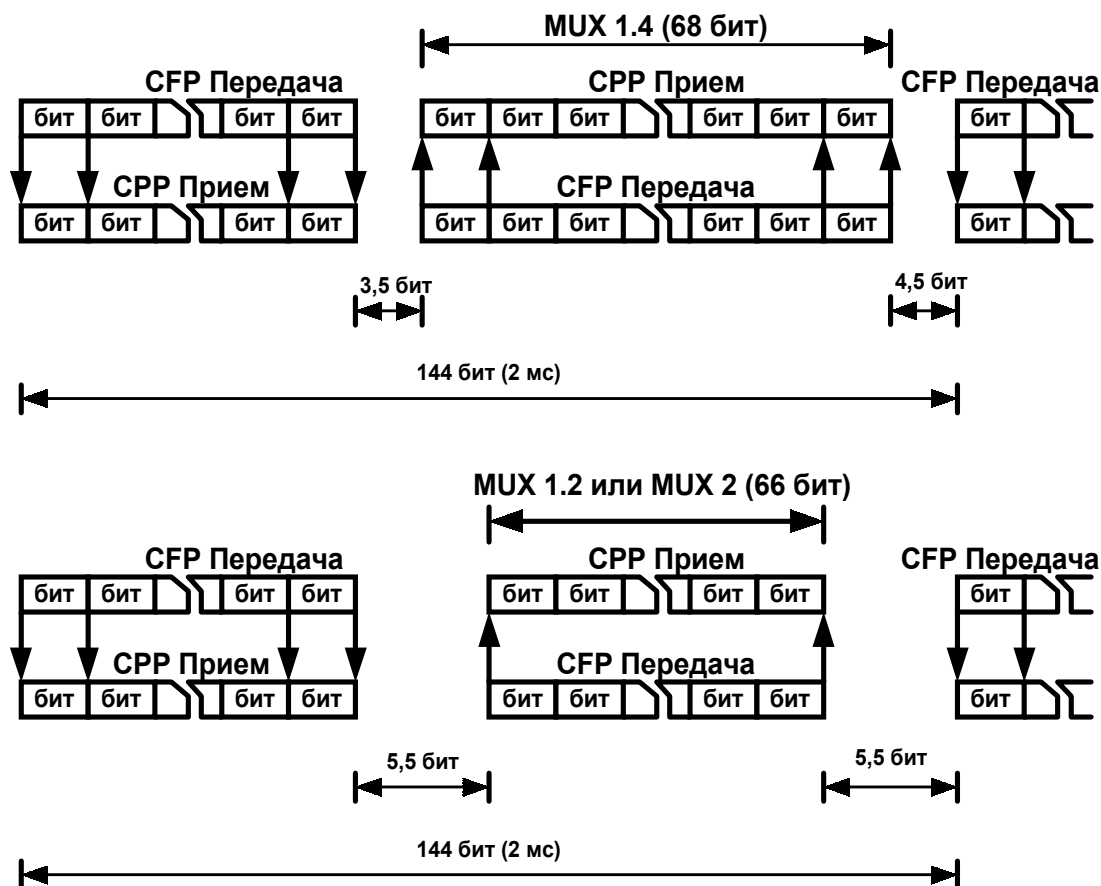


Рис. 1.5

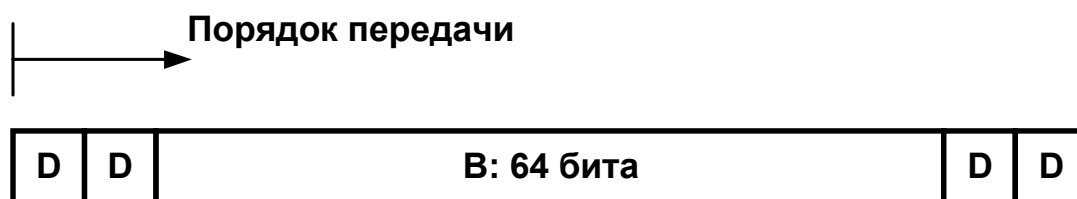
В стандарте СТ2 используются три типа каналов:

- D – канал сигнализации;
- B – информационный канал для передачи речи и данных;
- SYN – канал синхронизации.

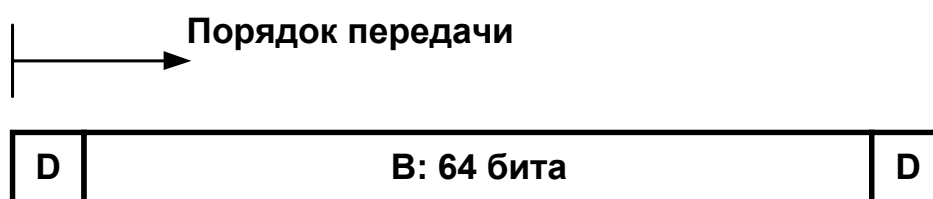
Общий процесс передачи/приема предусматривает формирование объединенного (уплотненного) канала, который обозначается как MUX. Применяются три формата уплотненных сигналов.

Формат MUX I используется для двухсторонней передачи по установленной линии сигнальной информации, а также речи и данных (каналы D и B). Для передачи сигнальной информации по каналам D могут быть выделены 2 (MUX 1.2) или 4 (MUX 1.4) бита, при этом скорости передачи по каналу D, соответственно, равны 1 кбит/с (MUX 1.2) и 2 кбит/с (MUX 1.4), а скорость передачи по

информационному каналу В составляет 32 кбит/с. Пакет MUX 1.4 (рис. 1.6, а) состоит из 68 бит, пакет MUX 1.2 (рис. 1.6, б) – из 66 бит и повторяются через каждые 144 бита.



а



б

Рис. 1.6

Формат MUX 2 используется для передачи сигнальной информации и информации для синхронизации по битам, которая необходима только для установления или повторного установления канала связи. В уплотненном сигнале этого формата канал D рассчитан на скорость 16 кбит/с, а канал синхронизации SYN - на скорость 17 кбит/с. Формат MUX 2 показан на рис. 1.7, где SYN – канал синхронизации; CHM – маркерный канал. Пакет из 66 бит повторяется через каждые 144 бита.

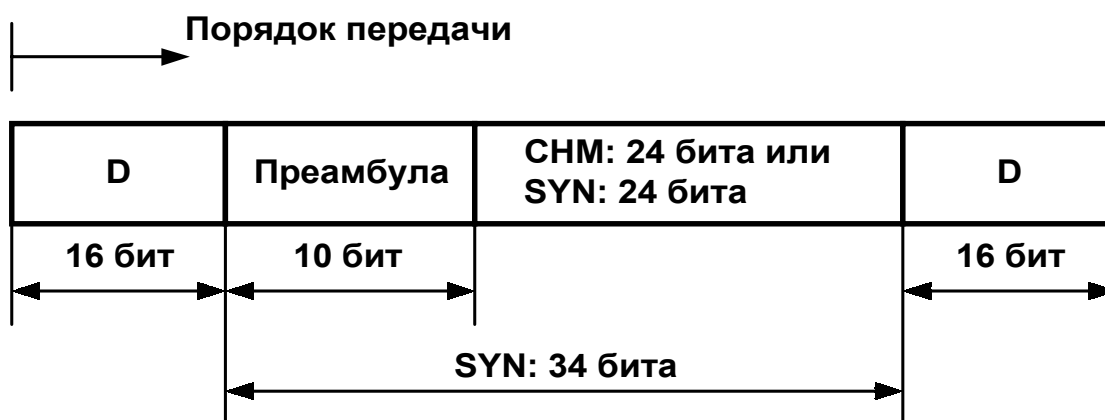


Рис. 1.7

Формат MUX 3 аналогичен формату MUX 2, так как здесь предусмотрены также каналы D и SYN. Различия заключаются в том, что формат MUX 3 используется только для передачи сигнальной информации от CFP (абонентского оборудования) к CFP (стационарному оборудованию).

В стандарте СТ2/CA1 определена стратегия динамического распределения каналов (DCA).

Входящие вызовы

Когда оборудование CFP (стационарное беспроводное оборудование) обнаруживает входящий вызов, оно выбирает свободный канал и передает по нему к CPP (персональному беспроводному оборудованию) специальную последовательность сигналов, требующую подтверждения. CPP после приема и распознавания этой последовательности в ответ передает по выбранному каналу свою последовательность сигналов. CFP принимает эту последовательность, распознает ее и совместно с CPP устанавливает линию связи. Если такую линию между CPP и CFP установить не удастся, то CFP может сделать повторные попытки, последовательно используя при этом до пяти свободных каналов.

Исходящие вызовы

Если оборудование CPP должно послать исходящий вызов, оно выбирает свободный канал, по которому максимум в течение 5 с будет передавать квитируемую (требующую подтверждения) последовательность сигналов для вхождения в связь с CFP. Приняв эту последовательность, CFP в ответ передаст по выбранному каналу свою цепочку сигналов. Если CPP примет этот сигнальный код от CFP, то линия связи между CPP и CFP будет установлена.

CFP и CPP работают в режиме ведущей и ведомой станций. После того как установлена линия между CPP и CFP, персональное оборудование CPP должно отслеживать тактовую частоту, передаваемую от CFP.

В соответствии со стандартом СТ2 рассмотренные протоколы и форматы передачи/приема сообщений относятся к первому из трех уровней сигнализации.

Второй уровень сигнализации определяет порядок передачи

информации через стык по эфиру, процедуру обнаружения ошибок и идентификации линии, установленной между конечными пунктами, а также функции удержания (обслуживания) линии.

Сообщения между вторым и третьим уровнями передаются в форме пакетов. Эти пакеты могут быть разбиты на кодовые комбинации, каждая из которых содержит по восемь октетов. Для выполнения процедуры вхождения в связь, рассмотренной выше, сообщения объединяются в один или несколько пакетов, каждый из которых может содержать до шести кодовых комбинаций. Первая кодовая комбинация в пакете – это адресная комбинация, а все последующие - это комбинации данных.

Октеты, содержащиеся в кодовой комбинации, передаются в числовой последовательности, начиная с первого октета. Сами октеты делятся на восемь бит, и передача начинается с первого бита, за которым следуют все остальные в возрастающем порядке.

Эти биты определяют функции доступа к службам Telepoint. Общий доступ к службе Telepoint, когда с радиотелефона можно выйти к базовой станции другого оператора Telepoint, определяется в октетах пяти- и шестикодовой комбинаций данных. Так обеспечивается экстренный доступ для вызова полиции, который отличается от обычного доступа отдельными значениями. Аналогичным образом другие октеты, определяемые вторым уровнем сигнализации, обеспечивают различные функции, например, установление соединения и опрос базовых станций.

На третьем уровне сигнализации передаются сигнальные сообщения, предназначенные для коммутируемой телефонной сети общего пользования (ТФОП), и сигналы управления вызовами в пределах сети СТ2.

Сообщение, относящееся к третьему уровню, определяется как группа информационных элементов, полученных со второго уровня и свободных от ошибок. В оборудовании, соответствующем стандарту SA1, максимальная длина сообщения третьего уровня равна 29 октетам. В системах СТ2 предусмотрены два вида информационных элементов: занимающие один октет или имеющие переменную длину. Элемент, занимающий один октет, имеет идентификатор информационного элемента и поле, содержащее информацию. Информационные элементы переменной длины имеют оба эти поля плюс поле, указывающее длину информационного

элемента.

На третьем уровне сигнализации систем СТ2 рассматривается содержание сообщений. Информационные элементы, занимающие один октет или имеющие переменную длину, определяют информацию, вводимую с цифровых кнопок клавиатуры персонального беспроводного аппарата (СРР), или цифры, выводимые на индикаторное табло СРР.

Помимо таких функций, как информирование абонента о состоянии вызова (номер занят, вызов стоит на удержании, поступает входящий вызов или к номеру выйти нельзя), сообщения третьего уровня содержат также коды для идентификации и аутентификации СРР и СФР. Процедура аутентификации - одна из самых сложных в системе Telepoint, и ей посвящена большая часть спецификаций третьего уровня сигнализации.

СТ2 рассматривается как стандарт для национальных систем радиотелефонной связи и систем Telepoint. В деловом секторе СТ2 сталкивается с конкуренцией со стороны стандарта DECT. Оба эти стандарта приняты Европейским институтом стандартов в области связи (ETSI), охватывают разные частотные диапазоны и ориентированы на разные секторы рынка. Однако перспектива DECT как общеевропейского стандарта очевидна. Особенно это будет проявляться в связи с возможностью взаимодействия стандарта DECT со стандартом GSM и организацией на этой основе единых сетей подвижной связи.

Оборудование СТ2/CA1 получило широкое распространение во всем мире. Несколько крупнейших фирм-изготовителей УТС объявили о выпуске станций, которые будут работать с радиотелефонами стандарта СТ2/CA1. Несмотря на имеющиеся недостатки, службы Telepoint будут развиваться. В настоящее время службы Telepoint уже открыты в целом ряде стран, включая Великобританию, Францию, Германию, Нидерланды, страны Дальнего Востока и др.

1.3. Системы стандарта DCT-900

Популярность систем беспроводных телефонов побудила концерн Ericsson (Швеция) провести самостоятельную разработку и внедрить систему беспроводных телефонов DCT-900, близкую по

своим параметрам с проектом стандарта DECT [6]. Коммерческая эксплуатация системы связи DCT-900 началась с октября 1990 г., почти за два года до принятия ETSI стандарта DECT.

В системе DCT-900 обеспечивается передача цифровых речевых сообщений со скоростью 32 кбит/с в шестнадцатимиллисекундном временном интервале. Для преобразования аналогового речевого сигнала в цифровой используется ADPCM – адаптивная дифференциальная импульсно-кодовая модуляция. Передача сообщений по радиоканалу между базовой станцией и абонентским терминалом осуществляется GMSK модуляцией ($BT = 0,5$). DCT-900 позволяет обеспечить связь более 50 тысяч терминалов на квадратный километр. Используется временное разделение каналов (TDMA) совместно с временным дуплексным разделением режимов приема/передачи (TDD).

При осуществлении доступа и управлении речевыми каналами применяется динамическое распределение каналов. Полоса частот, занимаемая информационными пакетами в 16 временных интервалов (8 дуплексных каналов), составляет 1 МГц. В целом DCT-900 предусматривает доступ к 64 полным дуплексным каналам на соту в полосе 8 МГц. При переходе абонента в процессе разговора из одной соты в другую время "эстафетной передачи" составляет 16 мс – один временной TDD интервал.

DCT-900 включает в себя также систему персонального вызова. В состав аппаратных средств входит шифратор речи, что обеспечивает секретность переговоров, при этом предусматривается возможность соединения с абонентами открытых и закрытых фиксированных сетей связи. В Швеции для DCT-900 были выделены 4 частотных канала полосой 1 МГц в интервале частот 862...866 МГц.

Структурная схема DCT-900 показана на рис. 1.8, где CPP - Cordless Portable Part – группа портативных беспроводных терминалов; RFP - Radio Fixed Part – фиксированная радиочасть (радиопорты – базовые станции); CCFP - Common Control Fixed Part – общая система управления (стационарная часть); PABX - Private Automatic Branch Exchange – частная АТС, имеющая выход на городскую телефонную сеть; SAT – Satellite – ретранслятор.

На рис. 1.9 показана временная структура TDMA-кадра в

системе DCT-900, где SYN – синхрослово для битовой и цикловой (для временного пакета) синхронизаций; S/ID – интервал сигнализации и идентификации; GS – защитный интервал 0,037 мс (эквивалентен 24 битам); CRC – код защиты от ошибок. Одновременно два, четыре или восемь временных интервалов могут использоваться для передачи данных на одной частоте со скоростью 256 кбит/с.

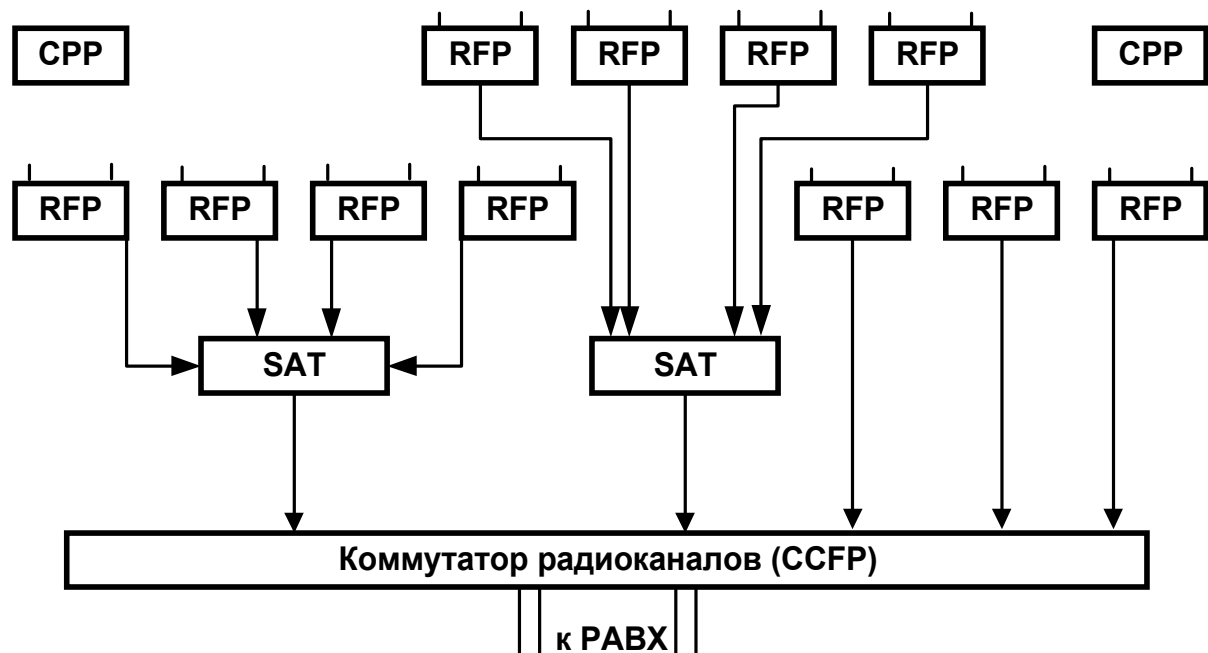


Рис. 1.8

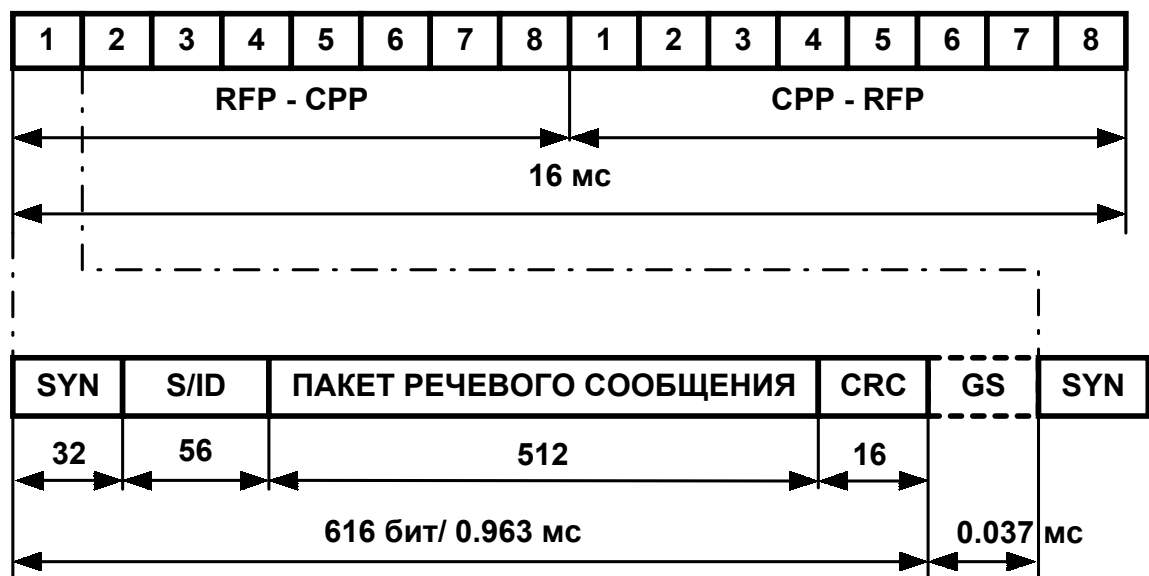


Рис. 1.9

Для портативного терминала основным параметром является мощность потребления. Для абонентского терминала фирмы Ericsson весом 190 г обеспечивает общее время переговоров 6 ч или 60 ч работы в дежурном режиме. Мощность передатчика для абонентского терминала – 5 мВт, для базовой станции – 80 мВт. Характеристики системы DCT-900 приведены в табл. 1.1.

1.4. Системы стандарта DECT

В июне 1992 года Европейский институт стандартов ETSI одобрил стандарт DECT (Digital European Cordless Telecommunications) на европейские цифровые системы беспроводной связи. Расширение функциональных возможностей этого стандарта сетей беспроводной связи продолжается и в настоящее время. Значительное развитие стандарт получил в 1994 году, когда были приняты дополнения, связанные с аутентификацией абонентских станций, взаимодействием сетей DECT с ISDN и сетями сотовой подвижной связи стандарта GSM [1].

Системы и оборудование стандарта DECT могут быть использованы для организации беспроводной подвижной связи индивидуального пользования, беспроводных офисных PABX, локальных и глобальных сетей подвижной связи.

Система DECT обеспечивает роуминг между возможными различными местами пребывания абонента, охваченных сетью: дом, офис (путем доступа к беспроводной PABX), частные локальные коммерческие зоны (аэропорты, вокзалы, торговые центры и т.д.), где создается высокая плотность нагрузки. Роуминг обеспечивается между местами, относящимися к одной и той же сети, и между различными сетями, а также между сетями разного типа.

Система DECT обеспечивает передачу (сопровождение) абонента в пределах одной и той же сети. Эта функция предусматривается только в районах со сплошным радиопокрытием и требует синхронизации всех радиопортов базовых станций (RFP) в этом районе.

Радиоинтерфейс стандарта DECT рассчитан на передачу сообщений и предоставление услуг, которые обеспечиваются на

коммутируемых телефонных сетях общего пользования PSTN и на цифровых коммутируемых сетях с интеграцией услуг ISDN.

Структура радиointерфейса в стандарте DECT обеспечивает секретность связи и защиту от несанкционированного доступа.

Система DECT обеспечивает сигнализацию двухтональным многочастотным кодом (DTMF), что используется для обновления информации о местоположении.

По аналогии с сетями GSM в сети DECT используются DAM-карты, содержащие информацию, аналогичную той, что записана на SIM-карте. Предусмотрен также вариант использования дешевых абонентских станций без идентификационных карт или со вставными картами, при этом стандарт DECT предусматривает очень полезную функцию – регистрацию абонирования связи по эфиру.

В сетях связи DECT вероятность отказа при установлении вызова должна быть ниже 1%, а вероятность прерывания разговора – менее 0,1%.

Максимальная проектная плотность трафика в час наибольшей нагрузки в частных (учрежденческих, офисных) сетях составляет 10000 Эрл/км² или 50 – 100 тыс. терминалов/км², тогда как для коммерческих сетей – до 40000 Эрл/км². Максимальное расчетное значение плотности трафика в системах типа Telepoint, построенных по стандарту DECT, должно составлять 5000 – 6000 Эрл/км², что почти на два порядка выше, чем в стандарте GSM.

Система DECT обеспечивает доступ по радиointерфейсу при низкой импульсной мощности передачи – 250 мВт. Частотный диапазон стандарта DECT 1880...1900 МГц разделен на 10 радиоканалов с 24 временными каналами связи на несущую. Разнос несущих – 1,728 МГц. Защитный частотный интервал между радиоканалами равен 210 кГц. Для передачи сообщений по радиоканалу выбрана GMSK модуляция (BT = 0,5).

В стандарте DECT используется временное разделение каналов связи (TDMA) с временным дуплексным разделением режимов передачи и приема (TDD). Преобразование аналогового речевого сигнала в цифровой осуществляется по алгоритму ADPCM – адаптивной дифференциальной импульсно-кодовой модуляции со скоростью преобразования 32 кбит/с.

Пакет речевого сообщения записывается в буферное запоминающее устройство и передается затем во временных

интервалах полного TDMA-кадра со скоростью 1152 кбит/с. В каждом радиоканале передача сообщений осуществляется кадрами длительностью 10 мс, содержащими 12 пар временных интервалов. Полный кадр делится на два временных интервала: интервал передачи от фиксированной к подвижной станции и интервал передачи от подвижной к фиксированной станции. Синхронизация сети основана на периодическом повторении суперкадра, состоящего из 16 кадров. Длина кадра составляет 417 мкс. Передаваемый в кадре пакет содержит 480 бит, из них 32 бита используются для синхронизации (канал SYN) и включают 16 бит тактовой последовательности, 48 бит отводятся на канал сигнализации (Signal), 320 бит – для передачи информации, затем передается 4 проверочных бита (CRC), за которыми следует защитный интервал 60 бит.

Скорость передачи сообщений по информационному каналу составляет $320 \text{ бит} / 10 \text{ мс} = 32 \text{ кбит/с}$. Скорость передачи сигнала управления составляет $64 \text{ бит} / 10 \text{ мс} = 6,4 \text{ кбит/с}$. Общая скорость передачи в пакете равна $416 \text{ бит} / 10 \text{ мс} = 41,6 \text{ кбит/с}$. Полная структура кадра показана на рис. 1.10, где SYN – канал синхронизации; Signal – канал сигнализации; CRC – код защиты от ошибок; I – канал информации.

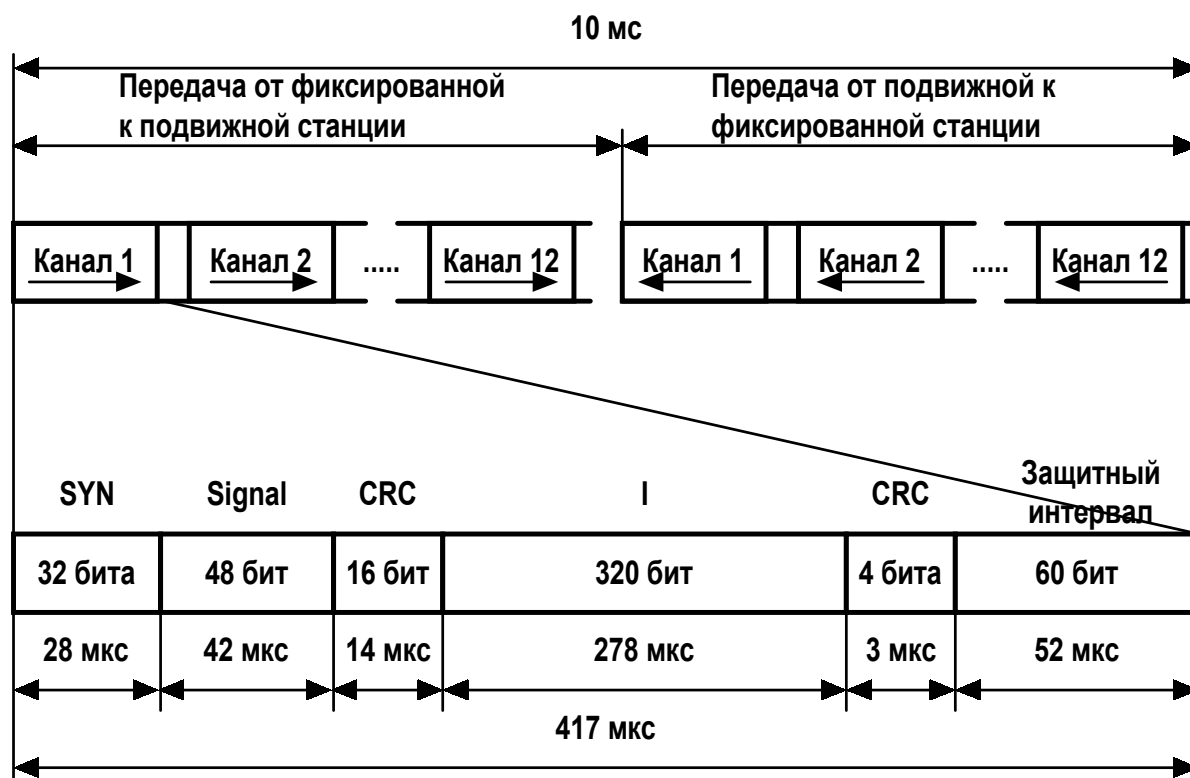


Рис. 1.10

Структурная схема системы связи на основе стандарта DECT, принятая ETSI, показана на рис. 1.11. Как следует из структурной схемы, стандарт DECT обеспечивает организацию сетей типа Telepoint, офисных и индивидуальных линий беспроводной связи, сетей связи общего пользования с местоопределением абонентов и "эстафетной передачей" при их переходе из одной микросоты в другую.

В системах DECT предусматривается процедура идентификации абонентской станции, без которой не обеспечивается доступ к сети.

CH - Channel
 FS - Fixed side (station)
 PS - Portable side
 (terminal)

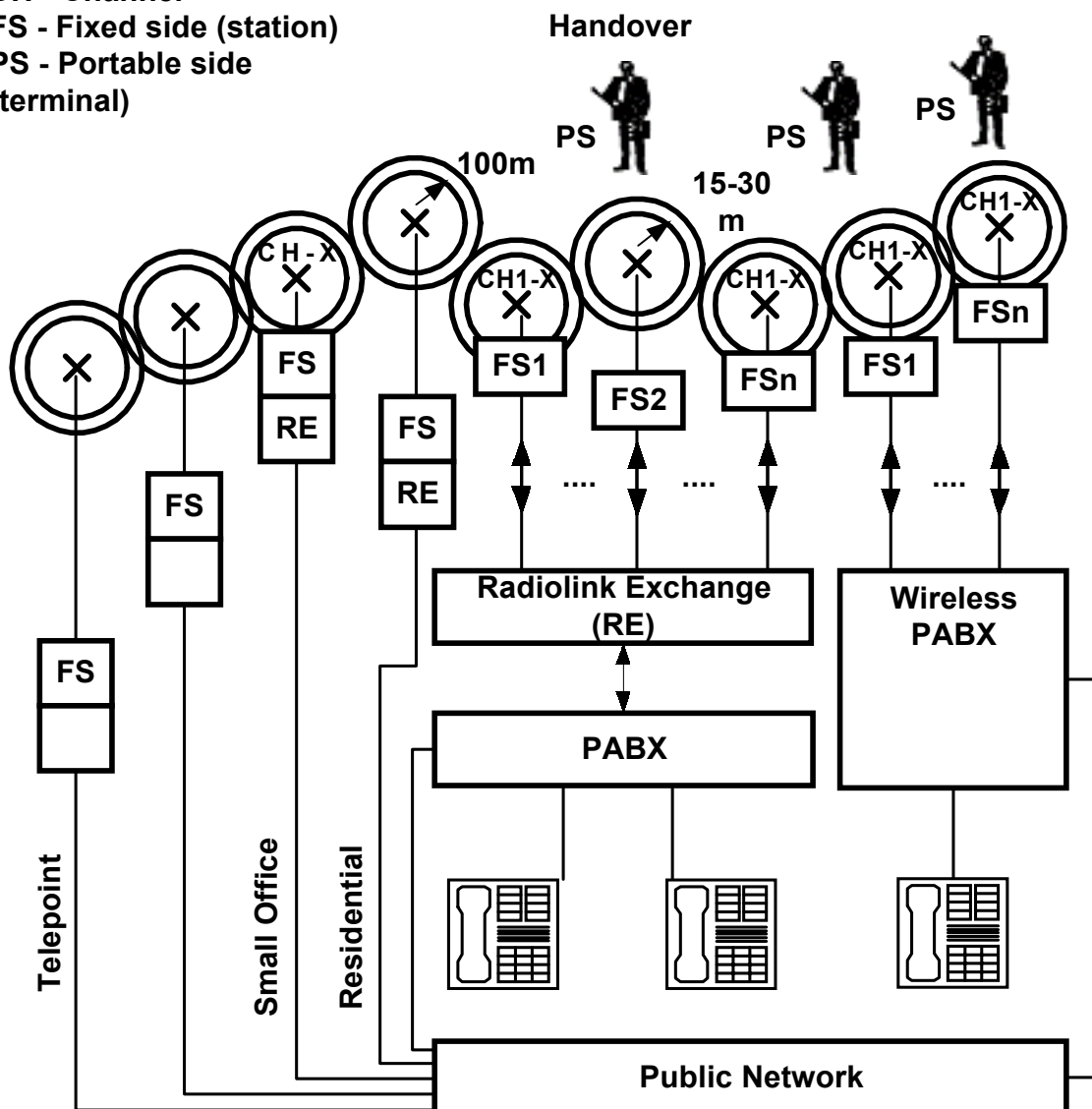


Рис. 1.11

Идентификация строится по принципу непрерывной передачи от радиопорта (стационарной радиочасти – FS) кода идентификатора полномочий доступа (ARI), включающего в себя [2]:

а) ARC – класс полномочий доступа, который определяет тип сети - домашняя, частная учрежденческая станция с несколькими микросотами, сеть общего пользования и сеть GSM (при организации взаимодействия);

б) ARD – подробное описание полномочий доступа.

В условиях сети общего пользования AR& содержит код сети общего пользования или код оператора сети GSM и номер

радиопорта (FS), который служит для определения различных географических зон, где зарегистрирован абонент.

Вместе с кодом идентификатора полномочий доступа (ARI) каждый радиопорт передает свой номер, и эти два поля вместе образуют идентификатор радиопорта (стационарной части) RFP, благодаря которому абонентская станция определяет, с каким радиопортом осуществляется связь в данный момент.

Абонентская станция (PS) имеет ключ полномочий доступа (PARK), который сравнивается с принятым идентификатором AR1. Если PARK соответствует структуре ARI, то абонентская станция получает доступ к сети (FS). PARK может быть короче ARI, так как абонентская станция может иметь право доступа к нескольким FS.

Абонентская станция содержит международный код (идентификатор) пользователя абонентской станции (IPUI), состоящий из категории пользователя абонентской станции (PUI), который определяет вид использования и номера пользователя станции (PUN).

В условиях взаимодействия с сетью общего пользования PUN содержит код оператора сети общего пользования и номер счета, а в сети общего пользования он совпадает с IMSI.

Абонентскую станцию можно идентифицировать ее международным кодом (IPEI), который содержит код изготовителя оборудования и ее заводской номер. В условиях домашней сети IPEI совпадает с PUN.

В процессе идентификации используются три типа ARI:

- первичные идентификаторы ARI, которые непрерывно передаются в эфир от радиопортов (FS);
- вторичные идентификаторы ARI, которые редко передаются от радиопортов;
- третичные ARI, которые не передаются в эфир от радиопортов.

Абонентская часть может также иметь несколько кодов PARK, поэтому идентификация будет успешной, если хотя бы один PARK совпадает с информацией в ARI.

Обычно в условиях домашней сети радиопорт передает в эфир идентификатор RFPI, куда входит PARK, а абонентская станция, у которой имеется только один код PARK, после идентификации отвечает передачей идентификаторов ARI и IPUI.

В условиях сети общего пользования радиопорт передает в эфир RFPI, куда входит PARK, а абонентская станция, имеющая несколько кодов PARK, после идентификации отвечает передачей ARI и IPUI. Если абонентская станция является "визитной", то она может идентифицироваться ключом PARK, который передается радиопортом вместе с идентификационным номером станции.

В системах DECT предусмотрены следующие функции защиты: аутентификация абонентской станции (PS), аутентификация радиопорта (FS), взаимная аутентификация, обеспечение секретности данных и аутентификация пользователя.

Аутентификация абонентской станции осуществляется таким образом:

- радиопорт, который имеет ключи аутентификации абонентских станций, приписанных к данному радиопорту, и общий для всей сети номер RS (может быть различным для различных PS и FS), передает к абонентской станции RS и RAND-F – случайное число, генерируемое сетью;

- FS и PS совместно, используя в качестве исходных данных значения RS, RAND-F и K, в соответствии с алгоритмами A11 и A12 вычисляют значения XRES1 и RES1;

- абонентская станция (PS) передает полученное значение RES1 к стационарному терминалу FS, который сравнивает RES1 и XRES1.

Аутентификация радиопорта (FS) представляет собой следующую процедуру:

- абонентская станция передает радиопорту генерируемое случайное число RAND-P;

- радиопорт, используя в качестве входных значений RS, RAND-P и K, проводит вычисления в соответствии с алгоритмами A21 и A22 и получает число RES2;

- радиопорт передает полученные значения RES2 и RS к абонентской станции, которая выполняет вычисления по алгоритмам A21 и A22 и сравнивает полученное значение XRES2 со значением RES2.

Эти алгоритмы разделены на два процесса, так что для повышения надежности их можно назначить двум различным участкам сети, например, алгоритмы A11 и A21 могут выполняться в сети, а алгоритмы A12 и A22 – в радиопорту.

Взаимная аутентификация происходит при объединении этих двух процедур.

Обеспечение секретности передаваемых сообщений заключается в шифровании данных на уровне доступа к среде передачи. Такое шифрование основано на формировании набора ключей от генератора ключей. Ключ шифрования может быть статическим или динамическим. В последнем случае он получается как вторичный результат алгоритма A12.

Аутентификация пользователя – это процедура, позволяющая получить ключ, связанный с абонентской станцией, путем выполнения в абонентской станции алгоритма B2. В качестве входных значений для этого алгоритма используется ключ аутентификации пользователя, хранящийся в энергонезависимом ЗУ в абонентской станции, и персональный идентификатор пользователя, который абонент вводит вручную.

Существуют два случая взаимодействия систем DECT и GSM: один рассчитан на охват географических районов с высокой плотностью нагрузки, а другой – для охвата района, совпадающего с зоной действия подвижной сети. Доступ DECT в сети GSM может быть организован различными способами: доступ DECT может предоставляться как альтернатива доступу GSM-900 или DCS-1800 путем создания микросот DECT в зонах покрытия сети GSM для лучшего обслуживания больших объемов нагрузки в определенных местах; доступ DECT может обеспечиваться внутри движущихся систем, например в поездах, путем создания микросот сетей DECT, непосредственно связанных с подвижной станцией GSM.

При взаимодействии сети DECT с сетью GSM стационарная часть сети DECT соединяется с MSC сети GSM по A-интерфейсу. Функция взаимодействия, реализуемая абонентской станцией, не зависит от типа идентификационной карты, то есть от того, вставляется ли в абонентский аппарат SIM-карта или DAM-карта.

Для организации доступа DECT к наземной сети GSM общего пользования необходимо, чтобы стационарная часть обеспечивала процедуру ARI – идентификацию полномочий доступа класса D, а абонентская станция имела IPU1 типа R – международный код пользователя.

Рассматривается возможность подключения подвижной станции сети GSM к сети DECT. В этом случае между системами DECT и

GSM будет использоваться патентованный стык, и вполне возможно, что стационарная часть системы DECT и подвижная станция GSM будут объединены в одном оборудовании, как это уже сделано в экспериментальной системе DECT/GSM концерна Ericsson.

В целом организация доступа через систему DECT на сетях GSM является оптимальным решением в местах с высокой нагрузкой, а также в тех случаях, когда необходимо предоставить более дешевую службу связи, которая предусматривает ограниченную подвижность.

Использование DECT совместно с сетями GSM может реализовать службы PCS/UMTS (персональная связь и подключение универсальных подвижных терминалов). Это достигается реализацией принципов интеллектуальной сети, обеспечиваемой протоколами и элементами сети GSM, благодаря широкой зоне покрытия за счет большой мощности излучения базовых станций GSM и большой плотности нагрузки, допускаемой радиопортами DECT.

Технические показатели системы DECT серии SP-428 фирмы SENAО следующие:

- радиус соты – 50 - 100 м в помещении, 20 - 300 м на улице;
- число базовых станций (БС) – одна центральная и три периферийных;
- расстояние между БС – до 1 км с ретрансляторами;
- количество абонентских станций (АС) – до 28.

К центральной БС могут быть подключены четыре линии ГАТС, телефонный аппарат, факс-модем, звуковая колонка, охранная сигнализация и через программатор порт RS232 компьютера.

1.5. Система PACS

Компанией BELLCORE (США) была разработана технология PACS (Public Access Communications System) – система связи общего доступа. Эта технология была реализована компанией Motorola при разработке системы беспроводного подключения абонентов к телефонным сетям.

PACS ориентирована на предоставление услуг различным группам пользователей, включая фиксированных и подвижных абонентов. PACS может использоваться для организации сетей связи общего пользования и частных сетей связи.

Подвижная часть сети PACS обеспечивается радиоинтерфейсом между абонентским устройством и радиопортом. Целесообразность использования радиоинтерфейса PACS для обслуживания стационарных абонентов определяется условиями экономической эффективности обычной (проводной) телефонной линии и радиоподключения. PACS обеспечивает возможность передачи речи, низкоскоростную передачу данных в звуковой полосе частот, а также цифровых данных в рамках интеллектуальной сети, аутентификацию абонентских станций, регистрацию терминалов в сети, шифрование сообщений на радиоинтерфейсе. В состав услуг, предоставляемых PACS, входит экстренный вызов (служба 911). При необходимости в PACS могут быть включены дополнительные услуги.

PACS предназначена для предоставления услуг беспроводной связи в общей полосе частот 2 x 60 МГц, выделенных Федеральной комиссией связи США (FCC) для сетей персональной связи (PCS). В этих полосах частот радиоканалы разбиваются на отдельные блоки, ориентированные на различные условия использования. Распределение блоков радиоканалов в диапазоне частот PACS показано на рис. 1.12 [9], где MTA - Major Trading Area, BTA - Basic Trading Area.

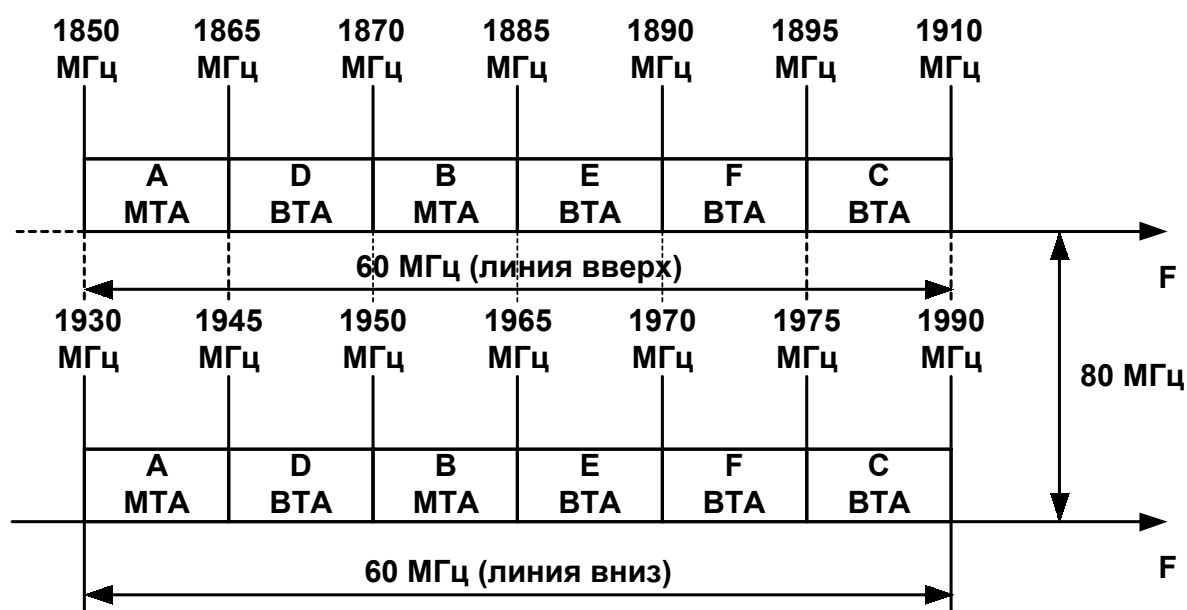


Рис. 1.12

Структурная схема PACS приведена на рис. 1.13, где RP – Radio Port, OMC – Operations and Manegement Center, RPCU – Radio Port Control Unit, PSU – Portable Subscriber Unit, AM – Access Maneger, FSU – Fixed Subscriber Unit. Подвижные станции (SU) – портативная

(PSU) и стационарная (FSU), соединяются с радиопортом по радиоинтерфейсу (А-интерфейс). Радиопорт (RP) соединяется с контроллером радиопортов (RPCU) через физический интерфейс (Р-интерфейс). Р-интерфейс не определен спецификациями PACS и может быть реализован на основе различных линий. Через Р-интерфейс осуществляется взаимодействие RP с RPCU по логическому каналу EOC (Embedded Operations Channel).

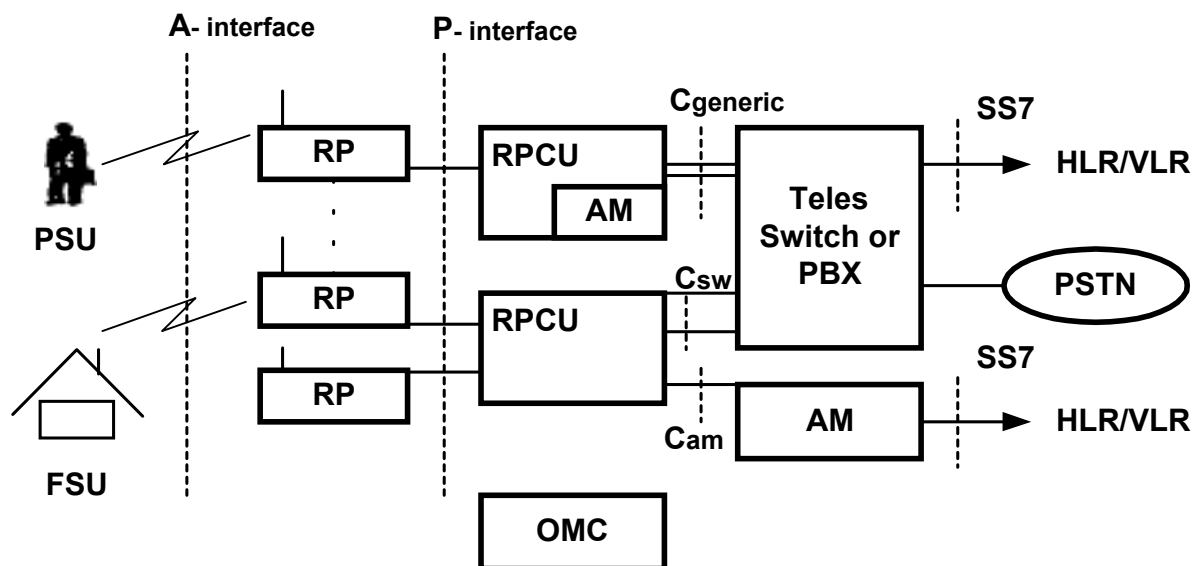


Рис. 1.13

C-, D- и T-интерфейсы также не определены спецификациями PACS, что позволяет каждому разработчику применять свои технические решения для различных пользователей или условий применения. Технические характеристики PACS приведены в табл. 1.3.

Структурная схема радиопорта показана на рис. 1.14.

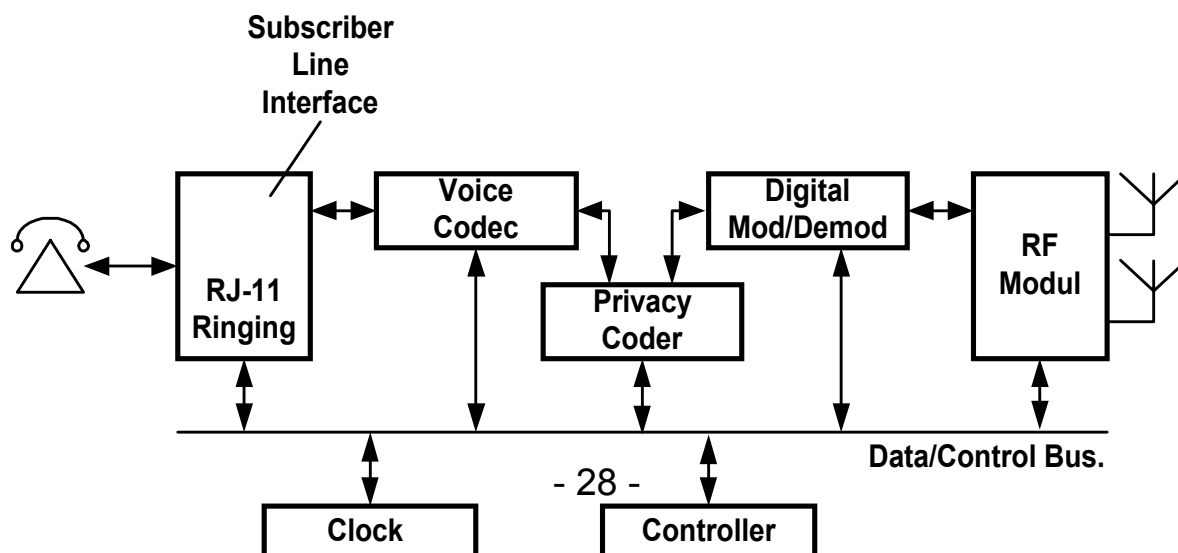


Рис. 1.14

Таблица 1.3

Полоса частот системы: линия "вверх" линия "вниз"	1650...1910 МГц, 1930...1990 МГц
Полоса канала связи	288 кГц
Разнос соседних каналов связи	300 кГц
Технология дуплексного разделения	FDD (частотный разнос каналов вверх/вниз с интервалом 80 МГц)
Вид модуляции	π/4 DQPSK с двумя битами на символ
Вид уплотнения в радиоканале: линия "вниз" линия "вверх"	TDM – мультиплексирование с временным разделением каналов с максимальной мощностью передатчика RP 800 мВт (импульсная) TDMA – множественный доступ с временным разделением каналов с максимальной мощностью передатчика SU 200 мВт (импульсная)
Структура TDM/TDMA-кадров	8 временных окон по 120 бит в каждом в кадре длительностью 2,5 мс
Скорость передачи сообщений в радиointерфейсе	384 кбит/с
Тип речевого кодека	32 кбит/с, ADPCM
Характеристики безопасности и борьба с мошенничеством	аутентификация абонентских станций через криптографические алгоритмы
Секретность связи	обеспечивается защитой передаваемой информации алгоритмами шифрования
Контроль мощности передатчика	используется управление мощностью передатчика абонентской станции
Чувствительность приемника	- 101 дБ/мВт
Защита от ошибок в канале связи	контроль ошибок по пятнадцатизлементному СРС-коду
Максимальная дальность связи	до 3,5 км

Радиопорт осуществляет все функциональные операции,

связанные с кодированием-декодированием, модуляцией-демодуляцией сигналов, формированием и обработкой временных кадров, синхронизацией и линейными преобразованиями сигналов, а также обеспечивает оценку качества приема сообщений в канале связи и измеряет уровень принимаемого сигнала, что используется контроллером для управления режимами приема/передачи абонентской станции и радиопорта.

Основные функции управления радиоподсистемой осуществляются контроллером радиопортов RRCU. Контроллер обеспечивает следующие основные функции:

- формирование и декодирование временных кадров;
- выделение канала связи абонентской станции при обычных звонках и экстренных вызовах;
- формирование системного канала управления и уплотнение его во временные интервалы при передаче с радиопорта;
- управление радиочастотным спектром;
- измерение и управление качеством связи на радиоинтерфейсе;
- управление уровнем излучения передатчика абонентской станции (линия "вверх"), управление уровнем передачи "вниз" – не требуется;
- мультиплексирование, демупльтиплексирование сигналов в каналах связи между радиопортом и сетью;
- транскодирование сообщений: формат сообщений (речь и/или данные), передаваемых на R-интерфейсе, в последовательность данных, соответствующих C-интерфейсу;
- взаимодействие с различными базами данных в процессе аутентификации абонентских станций и обеспечения конфиденциальности передачи сообщений в радиоканале;
- шифрование, дешифрование цифровых сигналов в каждом канале связи в зависимости от требований конфиденциальности, причем при каждом новом звонке используется новый ключ шифрования.

Взаимодействие сети PACS с телефонной сетью осуществляется подсистемой управления доступом AM (Access Manager).

AM сообщает коммутатору о том, какой звонок относится к каналу абонента. AM обеспечивает хранение, поддержку,

доступ и контроль данных, необходимых для осуществления радиосоединения.

Общий состав необходимых для соединения и управления данными включает в себя:

- состав услуг связи, предоставляемых абоненту;
- динамические данные об абоненте;
- тип радиооборудования;
- зону действия абонента;
- информацию об установлении соединения;
- приоритет абонента;
- информацию по шифрованию.

AM обеспечивает функции аутентификации, регистрацию в сети абонентского оборудования и взаимодействие с системой расчетов.

Протокол передачи сообщений на А-интерфейсе основан на использовании временного разделения, причем по линии "вниз" (downlink) используется TDM-мультиплексирование с временным разделением каналов, а по линии "вверх" (uplink) применяется TDMA-множественный доступ с временным разделением каналов.

Применение TDMA на линии "вверх" с защитными интервалами в кадрах в каждом пакете устраняет влияние случайных задержек при многолучевости и различном удалении абонентов от радиопорта.

Структура базовой станции системы PACS показана на рис. 1.15.

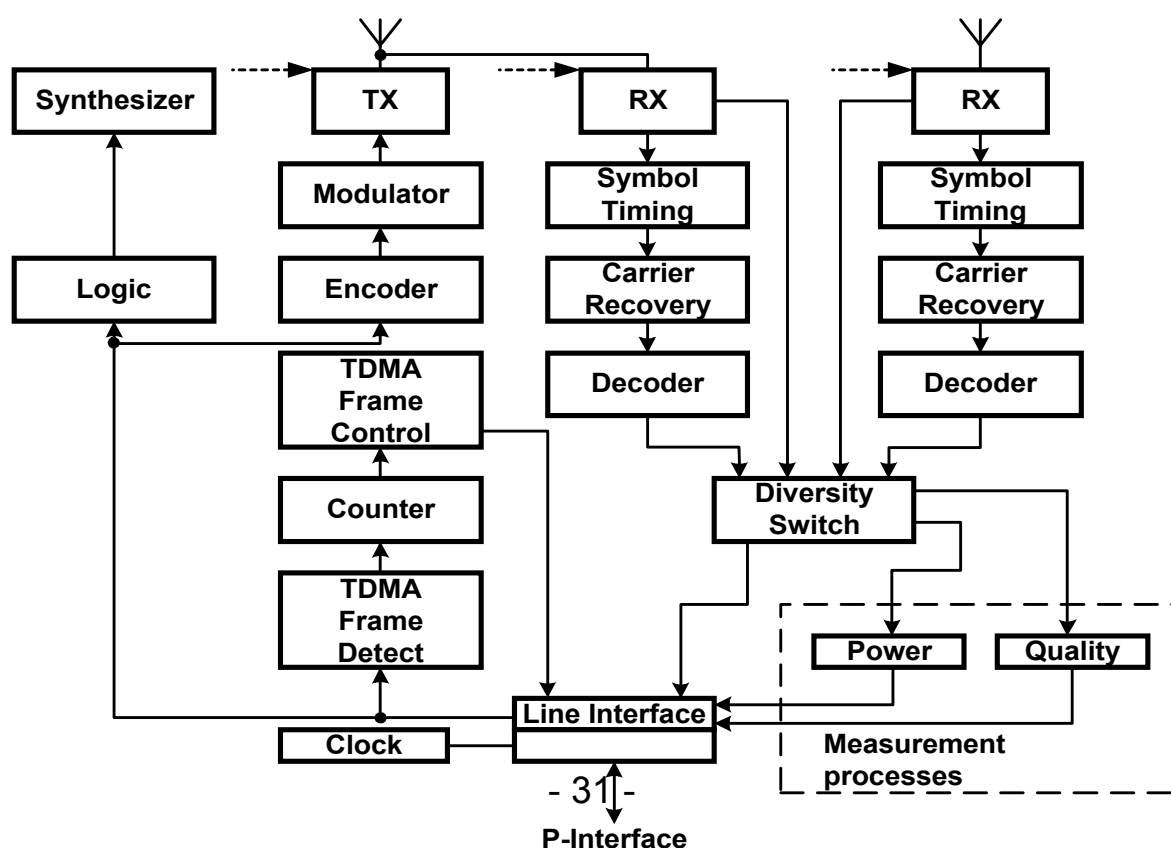


Рис. 1.15

Общая структура временных кадров и пакетов, используемых в PACS, приведена на рис. 1.16 [9], где SC – Slow Channel, FC – Fast Channel, SYNC – Synchronization Channel, CRC – Cyclic Redundancy Code.

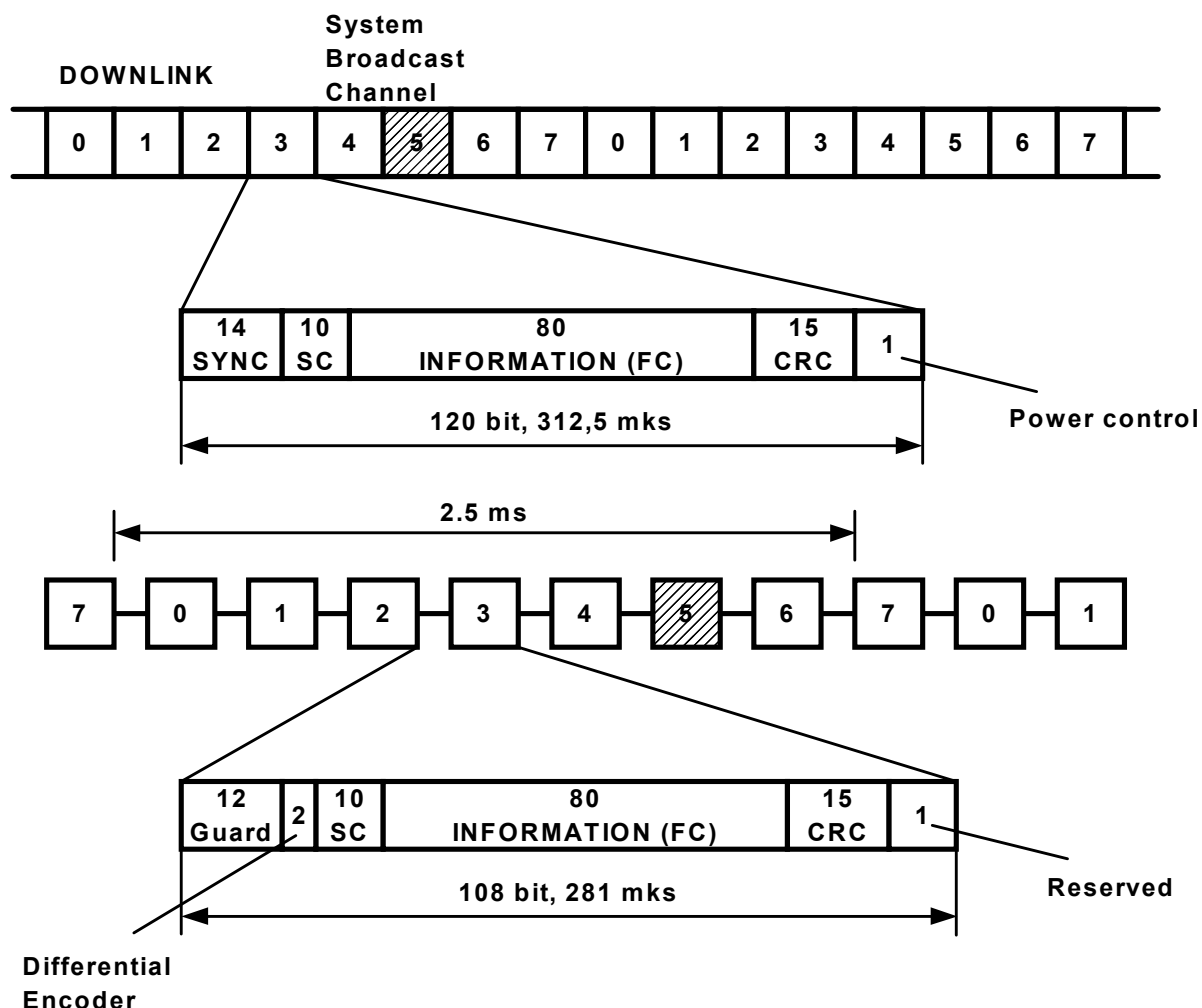


Рис. 1.16

В целом PACS по своему функциональному назначению является близким аналогом общеевропейского стандарта DECT, но ориентирован на использование в рамках принятого в США распределения спектра частот и концепции развития персональной связи.

1.6. Системы стандарта PHS

Система беспроводной персональной связи, основанная на использовании портативных телефонов – PHS (Personal Handyphone

System), разработана в Японии на основе перспективных технологий двухсторонней беспроводной связи и микросотовой архитектуры, что позволило получить самую высокую емкость сетей среди известных в настоящее время [8].

Концепция PHS заключается в обеспечении абонентов традиционными услугами связи при низких тарифах. Чтобы реализовать эту концепцию быстро и экономически выгодно, прежде всего, предусматривается использование существующих сетей, а не строительство новых, как это происходит при внедрении услуг сотовой связи. Применение цифровой сети дало возможность внедрить коммерческие услуги системы PHS в Японии с тарифами, составляющими $1/3 - 1/2$ тарифов на сотовые телефоны.

Основным преимуществом радиотелефонов системы PHS в сравнении с сотовыми является то, что они дешевле. Так как портативные радиотелефоны – это устройства малой мощности, подобно существующим беспроводным телефонам их можно сделать более компактными, чем современные сотовые радиотелефоны. Они обеспечивают высокое качество передаваемых сообщений, используя речевые ADPCM кодеки со скоростью преобразования 32 кбит/с. Кроме речевых сообщений они могут передавать цифровые данные и факсимильные сообщения.

PHS использует микросотовую архитектуру сети с вводом новых функциональных требований к действующей сети PSTN/ISDN.

В системе PHS используется динамическое распределение радиоканалов и технология децентрализованного управления радиоканалом, что позволяет оператору обеспечить эффективное и гибкое использование частот и избежать сложного планирования частот для повторного их применения.

Радиоинтерфейс PHS был стандартизован в Японии как RCR STD-28 Центром исследований и новых разработок радиосистем (RCR). Сетевой интерфейс между базовыми станциями и цифровой сетью стандартизован под названием JT-Q921-0 и JT-Q931-D Комитетом по телекоммуникациям (ТТК). Основой этого интерфейса является интерфейс ISDN, модифицированный в целях обеспечения особых функций PHS, таких, как регистрация местоположения, аутентификация и "эстафетная передача". Стандартизованы и процедуры управления услугами PHS и межсетевой интерфейс.

Вопрос выделения частот для сетей PHS был рассмотрен

Министерством почт и связи на основании доклада ТТС. В сентябре 1993 г. Советом по надзору за радиочастотами было утверждено предложение на выделение полосы частот 23 МГц в диапазоне 1,9 ГГц. Частоты 1895...1906,1 МГц были выделены для использования в бытовых условиях, в условиях офисов (связь между базовой станцией в закрытом помещении и портативным радиотелефоном и связь между портативными радиотелефонами). Частоты 1895...1918,11 МГц были выделены для применения вне помещений (связь между базовой станцией вне помещений с портативным радиотелефоном) [8].

По плану распределения для PHS выделено всего 77 несущих частот. Для частного использования выделены несущие частоты управления 1898,450 и 1900,250 МГц. Для каждого оператора выделены четыре несущие частоты управления для общего пользования, одна – запасная.

В настоящее время полоса частот общего пользования составляет 12 МГц. Спектр частот для частного пользования – 11 МГц, который может быть использован и для общего доступа. Радиоинтерфейс в PHS основан на применении временного разделения каналов связи и временного дуплексного разделения режимов приема и передачи TDMA/TDD.

Базовая станция в сети PHS может автоматически выбирать несущие частоты, находя имеющуюся в наличии свободную несущую частоту без интерференции. Если свободная несущая частота отсутствует, то система PHS автоматически обеспечивает повторные запросы на установку соединения.

Любая базовая станция может быть дополнительно введена в сеть без необходимости корректировки частотного плана. Таким образом, оператору не нужно заботиться о разработке схемы повторного использования частот. Частоты используются повторно автоматически, а схема повторного использования частот изменяется от соединения к соединению.

Основными характеристиками радиоинтерфейса системы PHS являются:

– стандарт RCR STD-28 применим для всех систем, независимо от того, являются они системами общего пользования, частными (беспроводная PABX) или бытового пользования, стандартизированный радиоинтерфейсный протокол – только для

сетей общего пользования;

- четыре передающих канала TDMA/TDD;
- автономное и динамическое распределение каналов;
- речевой кодер/декодер ADPCM на 32 кбит/с;
- выходная мощность терминалов – до 10 мВт.

Один и тот же терминал PHS может использоваться как в сетях общего пользования, так и дома. Вне помещений абоненты могут обеспечивать соединения с базовыми станциями, установленными в городе. В домашних условиях оборудование PHS может использоваться как обычный телефон по тарифам PSTN.

Услуги сети PHS открыты фирмами NTT Personal Group и DDI Pocket Group в начале июля 1995 г. Через два месяца они насчитывали 117500 абонентов, что подтверждает большую популярность этого нового вида сетей связи. По прогнозам Министерства почт и связи Японии [8] к 1999 г. в Японии может быть около 8 млн. абонентов системы PHS.

2. СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОГО АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА

2.1. Общие сведения

Установка телефонов ожидающим своей очереди абонентам - важная задача, стоящая перед правительствами и операторами связи разных стран мира, которая труднее всего решается в регионах, где в силу экономических или географических причин сложно осуществить прокладку обычных кабельных линий. Кроме того, новые частные телефонные компании стремятся быстро и с выгодой установить оборудование доступа к телефонной сети у своих клиентов с тем, чтобы успешно конкурировать с уже действующими сегодня операторами.

Для предоставления беспроводного абонентского доступа (Wireless Local Loop – WLL) между АТС и абонентами используют радиосвязь. В этом случае для подключения абонентов к ближайшим АТС не требуется наличия медных, коаксиальных или оптических кабелей. Беспроводный абонентский доступ позволяет абонентам

пользоваться телефонной сетью общего пользования там, где прокладка обычных абонентских линий требует значительных затрат. С вводом в строй системы WLL потенциальные абоненты могут быстрее получить телефоны, а поставщики услуг – начать их предоставление с меньшими первоначальными капиталовложениями, чем в случае строительства кабельной сети.

Преимущества беспроводного абонентского доступа следующие:

1. Высокая скорость развертывания системы WLL позволяет в короткие сроки развернуть систему большой абонентской емкости, ежедневно подключая от 300 до 500 абонентских терминалов.

2. Отсутствие ограничений по рельефу местности (передача сигнала обеспечивается независимо от рельефа местности).

3. Хорошая расширяемость, так как для подключения к системе нового абонента достаточно обеспечить его номером и абонентским терминалом. При дефиците емкости системы ее можно легко расширить дополнительными модулями или подсистемами.

4. Эффективность в условиях низкой плотности абонентов (стоимость системы не растет с увеличением расстояния до абонента).

5. Гибкая политика инвестирования создаваемой сети, поскольку проводная инфраструктура требует крупномасштабных инвестиций, которые существенно опережают прогнозируемые потребности в количестве абонентских линий и не всегда оказываются оправданными, тогда как беспроводная технология допускает инвестирование мелкими шагами, более тесно отслеживающими прогнозируемые потребности. Подобная стратегия ускоряет возврат вложенных средств и снижает финансовые затраты на создание невостребованной части инфраструктуры.

6. Относительно небольшая стоимость обслуживания. В данном случае исключается случайное или преднамеренное повреждение инфраструктуры связи. Система обеспечивает эффективную диагностику неисправностей.

По условиям применения системы WLL принято подразделять на высокосвязные (high - tier) и низкосвязные (low - tier).

Высокосвязные системы характеризуются использованием сравнительно высокомошных передатчиков: сотни милливатт у абонентских терминалов, несколько ватт на канал в базовых станциях. Высокосвязные системы предназначены для

обслуживания больших сельских и городских областей либо для использования в городских условиях вторым поставщиком телефонных услуг.

Низкосвязные системы базируются на радиointерфейсах малой мощности, порядка нескольких милливатт в перерасчете на один канал на обоих концах радиосвязи. Они обслуживают небольшие территории и предназначены для обслуживания городов с высокой плотностью абонентов и небольших поселков с радиусом 1 – 2 км.

По использованию стандартов системы WLL можно разделить на три категории:

- системы, реализованные на базе технологий и стандартов сотовой подвижной связи (NMT-450, D-AMPS, CDMA IS-95 и др.);
- системы, реализованные в соответствии с стандартами беспроводной телефонии (DECT, CT2 и PHS);
- специализированные системы беспроводного (фиксированного) абонентского доступа.

2.2. Архитектура систем WLL

Как правило, подавляющее количество существующих систем WLL (рис. 2.1) состоят из следующих основных узлов:

- контроллера (концентратора) базовых станций;
- базовых станций;
- абонентских терминалов;
- терминала технического обслуживания и эксплуатации.

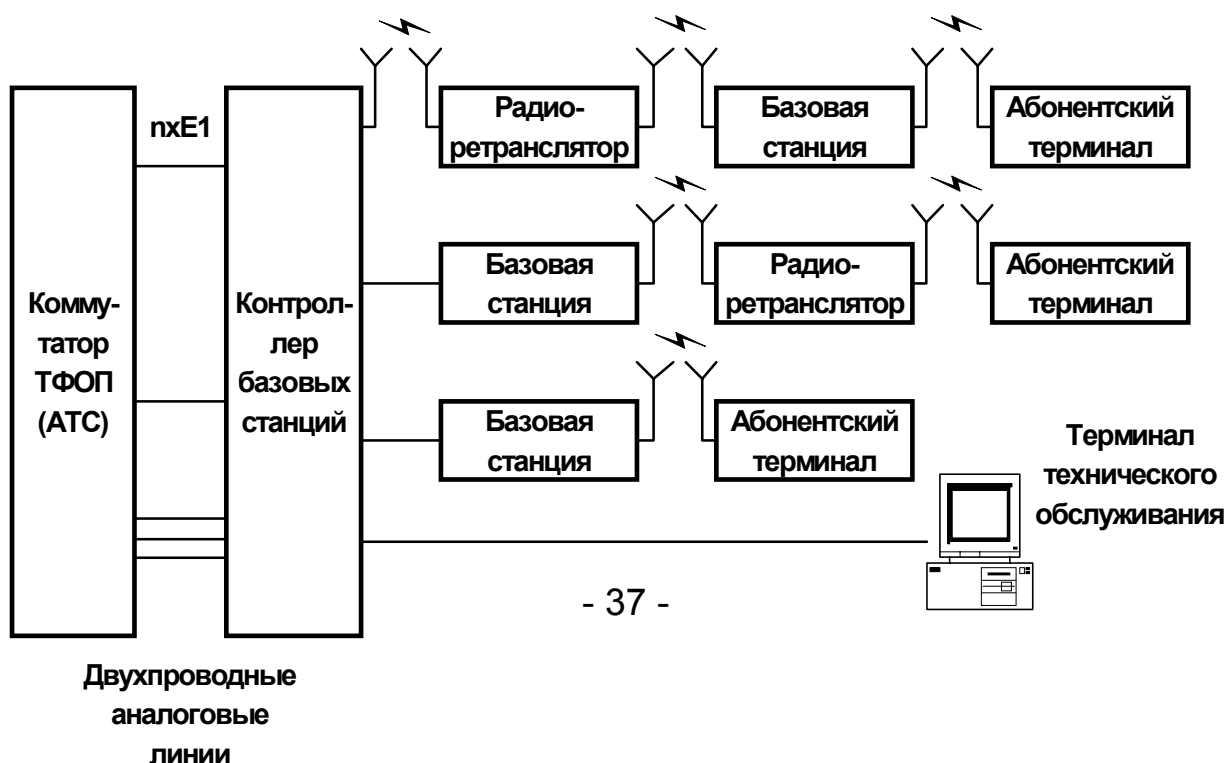


Рис. 2.1

Контроллер базовых станций предназначен для коммутации трафика WLL, обработки вызовов и обеспечения связи с коммутатором ТФОП. Он поддерживает функции управления системой, реализуемые на базе терминала технического обслуживания и эксплуатации. Как правило, связь с коммутатором ТФОП осуществляется по цифровым каналам с высокой пропускной способностью или по двухпроводным линиям с использованием соответствующих интерфейсов.

Базовые станции осуществляют радиосвязь с абонентами системы в пределах своих зон обслуживания и обеспечивают передачу вызовов контроллеру. Радиус зоны обслуживания зависит от используемой в системе WLL радиотехнологии. В состав базовой станции входят антенно-фидерное оборудование, приемопередающая аппаратура, локальная подсистема управления, коммуникационные интерфейсы и подсистемы питания.

Абонентские терминалы могут представлять собой беспроводные телефонные трубки, специальные настольные телефонные аппараты с трансивером и антенной и стационарные блоки на одну или несколько телефонных линий, к которым подключают обычные телефоны, факсы, модемы.

Терминал технического обслуживания и эксплуатации представляет собой компьютер со специальным управляющим приложением для обеспечения конфигурирования и мониторинга работы компонентов системы WLL, осуществления контроля абонентских терминалов, проведения операций диагностики и технического обслуживания.

Системы СБАД на базе стандартов сотовой связи характеризуются довольно высокой емкостью сот и большой дальностью связи между базовыми станциями и пользовательскими терминалами. В аналоговых систем дальность связи достигает 45 км, а в цифровых – до 35 км. Будучи узкополосными, по качеству

передачи речи и скорости пересылки данных они уступают широкополосным фирменным системам.

С учетом того, что данные системы работают на частотах сетей подвижной связи стандартов NMT-450, AMPS, D-AMPS или GSM, можно считать, что с коммерческой точки зрения они малоперспективны (наличие конкурентов, дефицит частот и др.).

Системы на базе стандартов беспроводной телефонии обеспечивают относительно небольшие радиусы сот (0,2 - 15 км) и оптимальны для охвата небольших территорий с высокой плотностью абонентов.

По сравнению со стандартом сотовой подвижной связи их маломощные и менее громоздкие базовые станции проще и дешевле устанавливать, не требуют частотного планирования, что существенно упрощает их инсталляцию. Они обеспечивают более высокое качество речи и скорости передачи данных. Обычно для связи базовой станции с контроллером системы могут использоваться проводные и беспроводные каналы связи. Здесь выбор физической среды передачи информации остается за оператором.

Специализированные системы СБАД настолько сильно отличаются между собой базовыми радиотехнологиями, параметрами и возможностями, что дать им общую характеристику невозможно. Для удобства рассмотрения разделим их на две группы: узкополосные и широкополосные.

Узкополосные системы схожи с системами WLL на базе технологий и стандартов сотовой связи. Они обеспечивают довольно большую дальность радиосвязи (до 60 км) при невысокой скорости передачи данных.

Широкополосные системы обладают довольно большой скоростью передачи данных (до 144 кбит) и высокой помехозащищенностью, в то время как их максимальные радиусы составляют 20 – 30 км.

Основные параметры некоторых систем WLL приведены в

табл. 2.1.

3. СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОГО РАДИОВЫЗОВА

3.1. Общие сведения о системах персонального радиовызова

Современный рынок услуг подвижной связи характеризуется высокими темпами развития систем персонального радиовызова (СПР), которые сопрягаются с системами связи и передачи данных.

Персональный радиовывоз (пейджинг) обеспечивает одностороннюю передачу информации в обслуживаемой зоне [10].

По своему назначению СПР можно разделить на частные (ведомственные) и общего пользования.

Частные СПР обеспечивают передачу сообщений в локальных зонах или на ограниченной территории в интересах отдельных групп пользователей. Как правило, передача сообщений в таких СПР осуществляется с пультов управления диспетчерами без взаимодействия с телефонной сетью общего пользования. Под системами персонального радиовызова общего пользования понимается совокупность технических средств, через которые с помощью ТФОП происходит передача в радиоканале сообщений ограниченного объема. Развитие СПР происходит путем внедрения техники автоматического взаимодействия с ТФОП, применения цифровых способов передачи вызовов (адресов) и сообщений в буквенно-цифровом виде, повышения пропускной способности и помехоустойчивости, миниатюризации и уменьшения потребления электроэнергии оконечными устройствами [10].

Основными компонентами коммерческого успеха этих систем являются широкая зона обслуживания в масштабах страны с возможностью межнационального взаимодействия, низкие тарифы и арендная плата, простота передачи сообщений и удобство пользования, малые габариты приемников СПР и длительный срок непрерывной работы с одним источником питания.

Первые СПР были открыты в 50-х годах и в настоящее время количество обслуживаемых абонентов в СПР общего пользования разных стран превышает 20 млн. Рост количества абонентов в европейских СПР составляет около 20 % в год.

СПР разрабатывались для предоставления услуг в полосах частот 80...931 МГц. Конкретные номиналы частот выделялись на основе национальных условий использования СПР, а также в

зависимости от вида передаваемых сообщений.

Потенциальными пользователями систем персонального радиовызова, прежде всего, являются деловые люди, различные экстренные службы (скорая помощь, полиция, пожарная охрана, аварийно-спасательные службы, службы перевозок различных грузов и т.д.).

О структуре пользователей услуг СПР можно судить, например, по распределению абонентов французской службы Alphapage. Так, основную категорию пользователей составляют лица, занятые в сфере различного рода услуг, предоставляемых фирмам (консультационная, экспертная деятельность) и частным лицам (административная работа, здравоохранение, бытовое техническое обслуживание, культурно-социальная сфера), доля которых достигла, соответственно, 18 и 17 %. В области строительства и инженерных работ (в том числе в сельской местности) концентрировалось 16 % абонентов. На долю работников оптовой торговли промышленными товарами приходилось 11 %, на долю работников транспорта и связи, соответственно, 10 и 9 %. Персонал, занятый в установке и обслуживании электронного и электрического оборудования, составил 7 % абонентского парка. Прочие категории пользователей составили 12 % [11 – 14].

В настоящее время широко известны многочисленные типы национальных и частных систем персонального радиовызова, разработанных различными фирмами США, Великобритании, Японии и других стран.

Наибольшая динамика развития СПР отмечается в Европе. Большинство европейских фирм-операторов сетей СПР стремились к созданию общего рынка оборудования и услуг СПР. В этой связи были приняты меры по координации работ и созданию единых интернациональных стандартов СПР, которые могли бы обеспечить массовое производство абонентских приемников с их использованием в различных вызывных системах [12 – 20].

В 1969 г. СЕРТ провела стандартизацию СПР, скоординировав диапазон частот и структуру используемых кодовых посылок, формирование которых осуществлялось тональными сигналами. Эта система сигналов получила название "ЕВРОСИГНАЛ". Общее количество кодов на канал составляло несколько десятков тысяч. Первые подобные системы были внедрены во Франции, ФРГ и

Швейцарии с общим количеством абонентов более 300 тыс. Параллельно в некоторых европейских странах было введено несколько национальных СПР на основе использования оборудования американских фирм. Первые СПР этого типа были введены в Великобритании.

Структура "ЕВРОСИГНАЛА" не могла обеспечить обслуживание необходимого количества абонентов и разнообразие услуг связи. Для развития СПР была создана Ассоциация европейских систем персонального радиовызова (ESPA).

Ключевым фактором в развитии СПР явилась стандартизация радиоинтерфейса. В 1978 году был впервые опубликован код POCSAG (Post Office Code Standardization Advisory Group) и были сделаны предложения по его широкому внедрению для передачи тональных сообщений. В 1979 году был опубликован код POCSAG для передачи цифровых и буквенно-цифровых сообщений со скоростью 512 бит/с, позже скорость передачи сообщений кодом POCSAG была доведена до 1200 и 2400 бит/с. Код POCSAG утвержден CCIR – Международным консультативным комитетом по радиосвязи – в 1982 году в качестве международного стандарта. Сегодня код POCSAG используется в большинстве существующих СПР.

Требования к функциональному развитию сетей СПРО, увеличению скорости передачи сообщений, а также интеграции национальных сетей СПР в транснациональные привели к необходимости разработки в рамках ETSI общеевропейского стандарта на СПР, получившего название ERMES (European Radio Messaging System). Стандарт был одобрен в 1992 году. К основным преимуществам СПР ERMES относятся:

- общая сеть для всех европейских стран и общеевропейский роуминг;
- общий радиоинтерфейс, обеспечивающий очень высокую емкость сети при передаче различных видов сообщений, включая текстовые, в узкой полосе частот;
- общая спецификация на приемники персонального радиовызова. Ожидается, что к 2000 году СПР ERMES будут предоставлять услуги около 100 млн. абонентам [21].

СПР Metrocast обеспечивает передачу буквенно-цифровых сообщений. Различные сети СПР Metrocast соединяются с общим

центром, который обеспечивает управление сетями и распределение сообщений абонентам, принадлежность которых к конкретным сетям известна центру. Metrocast в основном обслуживает абонентов в городах, она связана по отдельным службам с СПР British Telecom в Великобритании. Обе эти системы используют код POCSAG и работают в общей полосе частот в ОВЧ-диапазоне. В этой системе приемники персонального вызова обеспечивают поиск (сканирование) вызывных сигналов по рабочим частотам.

СПР Eurorape обеспечивает передачу сообщений в едином информационном пространстве на территории Германии (Cityruf), Франции (Alpharape), Италии (Teledrin) и новыми сетями в Великобритании, образованными консорциумом Eurorape UK Ltd.

Британский консорциум объединяет шесть национальных операторов, которые подписали соглашение об обслуживании района с центром в Лондоне. Система работает в общей полосе частот в ОВЧ-диапазоне. Опыт эксплуатации системы Eurorape использован для организации СПР нового поколения с общеевропейской зоной охвата ERMES.

СПР Receptor для передачи сообщений использует поднесущие частоты в спектре сигналов ЧМ-радиовещания. Абонентские приемники СПР размещаются в наручных часах. Испытания системы, разработанной фирмой AT&T, проведены в 1989 г. в Сиэтле и Портленде (США). Фирма AT&T рассчитывает на глобальный рынок с объединением региональных сетей в общую мировую сеть персонального радиовызова.

Значительная доля в создании СПР Receptor принадлежит британской фирме Plessy, которой удалось разработать две полупроводниковые микросхемы: приемника прямого преобразования и синтезатора частот. Функционально приемник персонального вызова (ППВ) включает в себя приемник ЧМ-радиовещания, микропроцессор и микросхему электронных часов. Для нормальной работы в автомобиле или в зданиях ППВ должен обладать высокой чувствительностью и большим динамическим диапазоном (40...60 дБ). Напряжение питания приемника составляет 0,9 В. Питание осуществляется от обычной часовой батарейки, емкостью 50 – 60 мАч, которая должна обеспечить работоспособность ППВ и встроенных часов на год. Высокая чувствительность ППВ обеспечивается узкополосным гираторным фильтром. Синтезатор частот обеспечивает быструю

перестройку по частоте, что позволяет проходить весь диапазон ЧМ-радиовещания с шагом 50 кГц. В составе синтезатора содержится узкополосный фильтр для выделения ЧМ-поднесущей, на которой передается информационный сигнал со скоростью 19 кбит/с. Часы-приемник персонального вызова в общем корпусе, с единым дисплеем, с браслетом-антенной разработаны японской фирмой Hattori Seiko. Приемник персонального радиовызова в часах для систем типа Resceptor разработан также фирмами Motorola [18] и Roadstar.

Идея создания глобальных систем оповещения с доставкой кодированных сообщений абонентам в любой точке земного шара воплощается в спутниковых СПР.

В настоящее время в Великобритании British Telecom проводит технические испытания спутниковой СПР, которая войдет в состав систем INMARSAT. Разрабатываются технические решения, связанные с абонентским приемником и протоколами связи.

Первая спутниковая система персонального радиовызова разработана в США фирмой Mtel и получила название SkyTel.

Эта СПР обслуживает абонентов почти в 100 городах, в первую очередь - в Северной Америке и Сингапуре. Спутниковый канал СПР SkyTel работает везде на одной частоте 931 МГц.

Возможности СПР следующие:

- автоматическое сопровождение абонента (роуминг) по всей обслуживаемой территории - впервые на территории СНГ;
- система расчетов СПР - платит звонящая сторона;
- единый всеукраинский номер дозвона в операторский зал;
- использование спутникового канала передачи данных;
- применение современного многоскоростного протокола передачи сообщений FLEX;
- гарантийное обслуживание аппаратов;
- повтор сообщений – бесплатно;
- передача сообщений с собственного терминала, минуя оператора.

3.2. СПР POCSAG

В настоящее время код POCSAG широко используется в системах радиовызова. Он позволяет обеспечить около двух

миллионов адресов, возможность передачи тональных сигналов, цифровых и буквенно-цифровых сообщений. Структура кода позволяет строить экономичные абонентские приемники.

Код POCSAG ориентирован на применение частотной манипуляции (FSK) и использование прямой коррекции ошибок (FEC). Термины для описания двоичного кода POCSAG следующие:

- преамбула (preamble) - начальная часть протокола передачи кода персонального радиовызова, которая обеспечивает тактовую синхронизацию принимаемого сигнала и работу пейджера с экономным потреблением режима батареи питания;

- пакет (batch) - интервал протокола передачи кода, содержащий кадры (frames) и кодовое слово синхронизации (SC - Synchronisation Codeword);

- кодовое слово (codeword) - фиксированное количество бит, содержащих информационное сообщение, сигналы цикловой синхронизации, сообщения управления, адресную информацию, коды обнаружения и защиты от ошибок;

- кадр (frame) - фиксированный временной интервал, входящий в состав пакета (batch);

- синхронизирующее кодовое слово (Synchronization Codeword) – последовательность бит, передаваемых в начале кадра, предназначенная для перевода пейджера в режим приема адреса или сообщения.

Один передаваемый блок в коде POCSAG состоит из преамбулы, за которой следует один или несколько пакетов, каждый из которых начинается с синхронизирующего кодового слова (SC – Synchronization Codeword).

Полная структура кода POCSAG показана на рис. 3.1 со следующими временными соотношениями: 1 пакет = SC (синхронизирующее кодовое слово) + 8 кадров = 17 кодовых слов; 1 кадр = 2 C (кодовых слова).

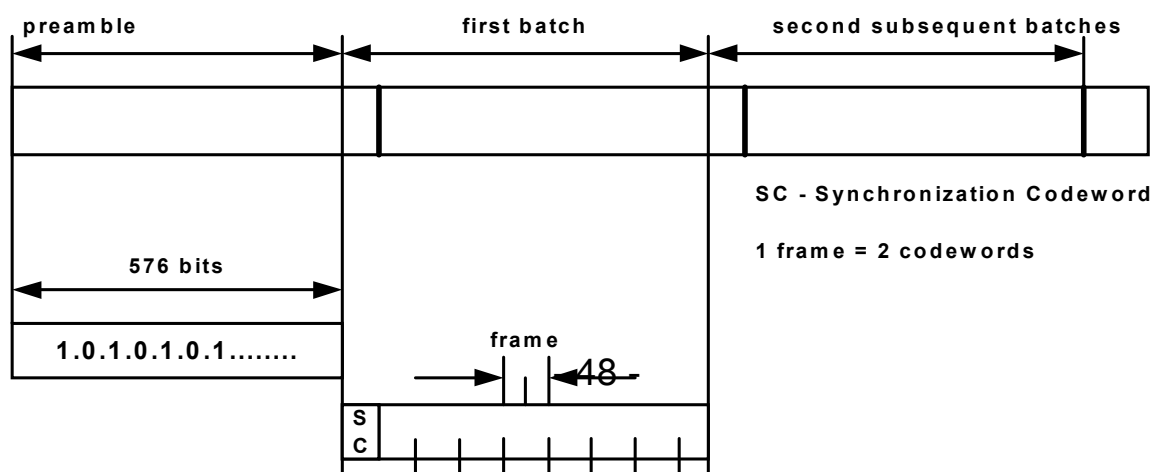


Рис. 3.1

Код POCSAG является асинхронным. Это означает, что пакет может приниматься в любой момент времени. Передача формата осуществляется с преамбулы, которая переводит приемник персонального вызова из режима "дежурного приема" в режим "приема", причем на интервале приема преамбулы осуществляется тактовая синхронизация. Длина преамбулы равна длине одного пакета плюс два кодовых слова (576 бит). Структура преамбулы достаточна для того, чтобы обеспечить тактовую синхронизацию приемника в любой момент излучения сигнала вызова. Длина кода POCSAG не определена: после преамбулы может передаваться пакет за пакетом и каждый пакет со своим синхронизирующим кодовым словом. Пакет включает в себя 8 кадров, каждый из которых состоит из двух кодовых слов, которые могут соответствовать либо адресу, либо части сообщения.

Адреса POCSAG делятся на 8 групп. Приемники реагируют только на те кадры, где содержатся их индивидуальные адреса. Прием другого адреса или "пустого кодового слова" означает конец сообщения.

Общее количество абонентов в системе POCSAG может быть оценено, если определить пропорцию передаваемых чисто тональных, цифровых и алфавитно-цифровых (текстовых) сообщений. Каждое из этих сообщений передается различным количеством кодовых слов POCSAG. Например, тональный вызов требует только одного кодового слова. Цифровой вызов требует три кодовых слова, а алфавитно-цифровое (текстовое) сообщение может содержать 20 кодовых слов.

Распределение типов вызовов можно оценить, изучая типичные гистограммы передачи сообщений. Для примера на рис. 3.2 показана загрузка типичного канала для системы POCSAG в одном из городов, когда одновременно используются все типы вызовов.

Максимальное количество абонентов оценивается по формуле

$$C = R \cdot 3600 / m \cdot Pn \cdot Q ,$$

где R - максимальная скорость передачи кодовых слов (кодовых слов в секунду); m - максимальная длина сообщения, выраженная в количестве кодовых слов; Pn - доля персональных вызовов, которые имеют длину n кодовых слов; Q - процентное содержание принимаемых сообщений длины n в час наибольшей нагрузки.

Работа в формате POCSAG со скоростью 2400 бит/с приводит к обслуживанию 242000 абонентов на канал.

Для сравнения можно напомнить, что в системах профессиональной радиосвязи при длительности передаваемых сообщений 5 – 10 с, вероятности блокировки канала около 5% и интенсивности связи в час наибольшей нагрузки 0,025 Эрл, количество обслуживаемых абонентов может составлять 50 – 100.

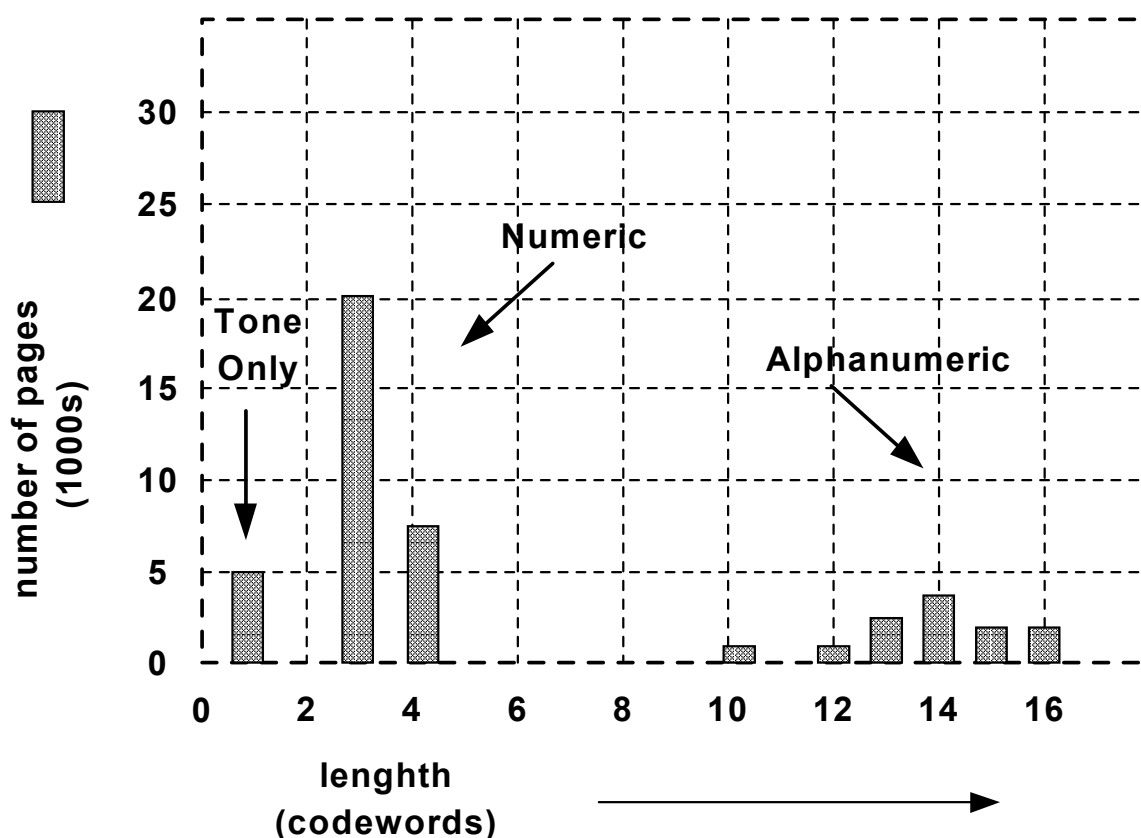


Рис. 3.2

В табл. 3.1 приведены результаты анализа СПР POCSAG для различных скоростей передачи [21].

Общая структурная схема системы персонального радиовызова с широкой зоной обслуживания на основе кода POCSAG состоит из следующих основных частей: PT – Paging Terminal – терминала персонального вызова; PNC – Paging Network Controller – контроллера сети персонального вызова; OMC – Operations and Maintenance Center – центра эксплуатации и обслуживания; PTN – Paging Transmission Network – сети передачи персонального вызова, в состав которой входят: BS – Base Station – базовая станция

персонального вызова; TE – Transmitter Expander – распределитель передаваемых данных к BS.

Таблица 3.1

Характеристики	Скорость передачи		
	512 бит/с	1200 бит/с	2400 бит/с
Длина преамбулы при одной посылке по 30 пакетов	1,125 с	0,480 с	0,240 с
Длина пакета	1,0625 с	0,4533 с	0,2267 с
Сообщение персонального вызова с полной нагрузкой	30 пакетов = 1,125 + 30 (1,0625) = 33 с	30 пакетов = 0,480 + 30 (0,4533) = 14,1 с	30 пакетов = 7,04 с
За 1 час осуществляется	Передача 109 сообщений по 30 пакетов в каждом	Передача 255 сообщений по 30 пакетов в каждом	Передача 511 сообщений по 30 пакетов в каждом
В восьми кадрах одного пакета при двух кодовых словах в каждом пакете передаются	16 кодовых слов на пакет; 480 кодовых слов на тридцатипакетное сообщение; 53320 кодовых слов в час	16 кодовых слов на пакет; 480 кодовых слов на тридцатипакетное сообщение; 122400 кодовых слов в час	16 кодовых слов на пакет; 480 кодовых слов на тридцатипакетное сообщение; 245280 кодовых слов в час

Структурная схема системы POCSAG показана на рис. 3.3.

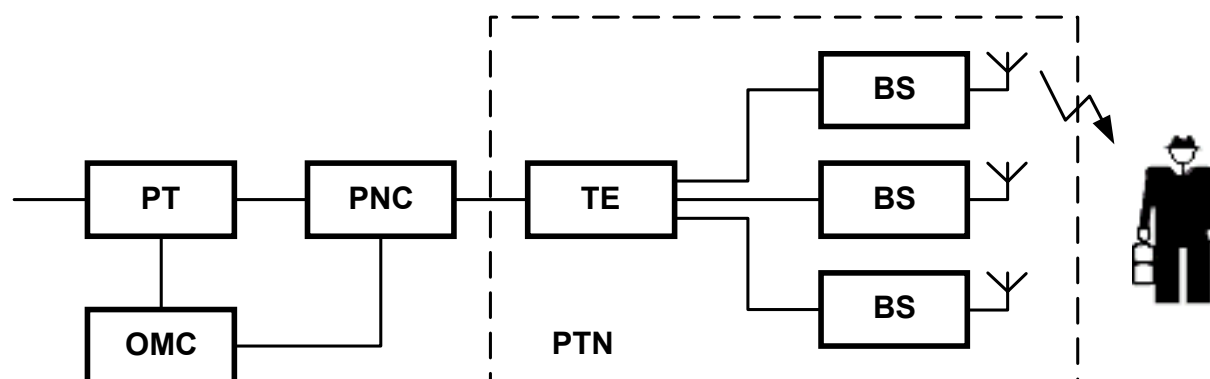


Рис. 3.3

Терминалы персонального вызова принимают и анализируют входящие данные вызовов и телефонной сети общего пользования.

Требования к линиям связи определяются ожидаемым трафиком связи, то есть загрузкой канала вызова. Базовый блок может обслужить около 100000 абонентов с интенсивностью нагрузки 0,5 вызовов в час. Для больших систем базовые блоки могут наращиваться.

3.3. СПР ERMES

В целях координации усилий в рамках создания общеевропейской СПР руководители администраций связи шестнадцати стран Европы в январе 1990 года подписали Меморандум о взаимопонимании, где определили свое участие в проекте и намерения по эксплуатации сетей ERMES [19, 20].

СПР ERMES обеспечивает более совершенные услуги персонального радиовызова:

- передачу цифровых сообщений длиной 20 – 1600 знаков;
- передачу буквенно-цифровых сообщений длиной от 400 до 9000 символов;
- передачу произвольного набора данных объемом до 64 кбит;
- возможность приема вызова и сообщений унифицированным приемником во всех странах, входящих в СПР ERMES.

Страны, участвующие в проекте ERMES, договорились о выделении для СПР единого диапазона частот 169,4...169,8 МГц, в котором организуется 16 радиоканалов с разносом частот 25 кГц [19].

Предусматривается использование сканирующих по частотам абонентских приемников, также как и в СПР Metrocaster Receptor.

ETSI придавал большое значение проблеме оптимизации структуры радиосигнала в целях достижения максимума пропускной способности. ERMES является полностью цифровой системой, обеспечивает скорость передачи сообщений 6,25 кбит/с, что позволяет повысить в 10 – 15 раз емкость трафика по сравнению с существующими аналоговыми СПР [19, 20]. Радиоинтерфейс, используемый для СПР ERMES, более сложный, чем в СПР POCSAG. Цикл передачи состоит из 60 циклов по одной минуте каждый, причем каждый цикл содержит 5 субпоследовательностей по 12 с. Каждая из субпоследовательностей включает в себя 16 типов "пачек", обозначаемых от А до Р. Каждая "пачка" состоит из четырех групп бит, обеспечивающих следующее:

- синхронизацию;
- передачу служебной системной информации;
- передачу адреса;
- передачу информационного сообщения.

Полная структура кода ERMES показана на рис. 3.4.

Используется прямая коррекция ошибок (FEC) и циклический код (30, 18). В процессе приема сообщений осуществляется сканирование по 16 частотным каналам с последовательным обзором 16 типов "пачек" (от А до Р) в поисках адресного кода Юинеша. Процесс сканирования показан на рис. 3.5 [15, 20, 21].



Рис. 3.4

Разработку оборудования и абонентских приемников для СПР ERMES осуществляют ведущие фирмы в области создания систем персонального радиовызова: NEC, Ericsson, Motorola, Panasonic, Philips и т.д.

Код ERMES позволяет реализовать стратегию крайне экономичного использования источника питания. При длине сообщения 40 знаков соотношение режимов работы "прием-дежурный прием" может быть равно 1:200 при задержке доставки

сообщения на радиointерфейсе в 6 с или 1:1000 при задержке до 30 с. При соотношении указанных режимов работы 1:70, реально достижимом токе потребления приемника 30 мкА время непрерывной работы приемник превышает 40 недель [20].

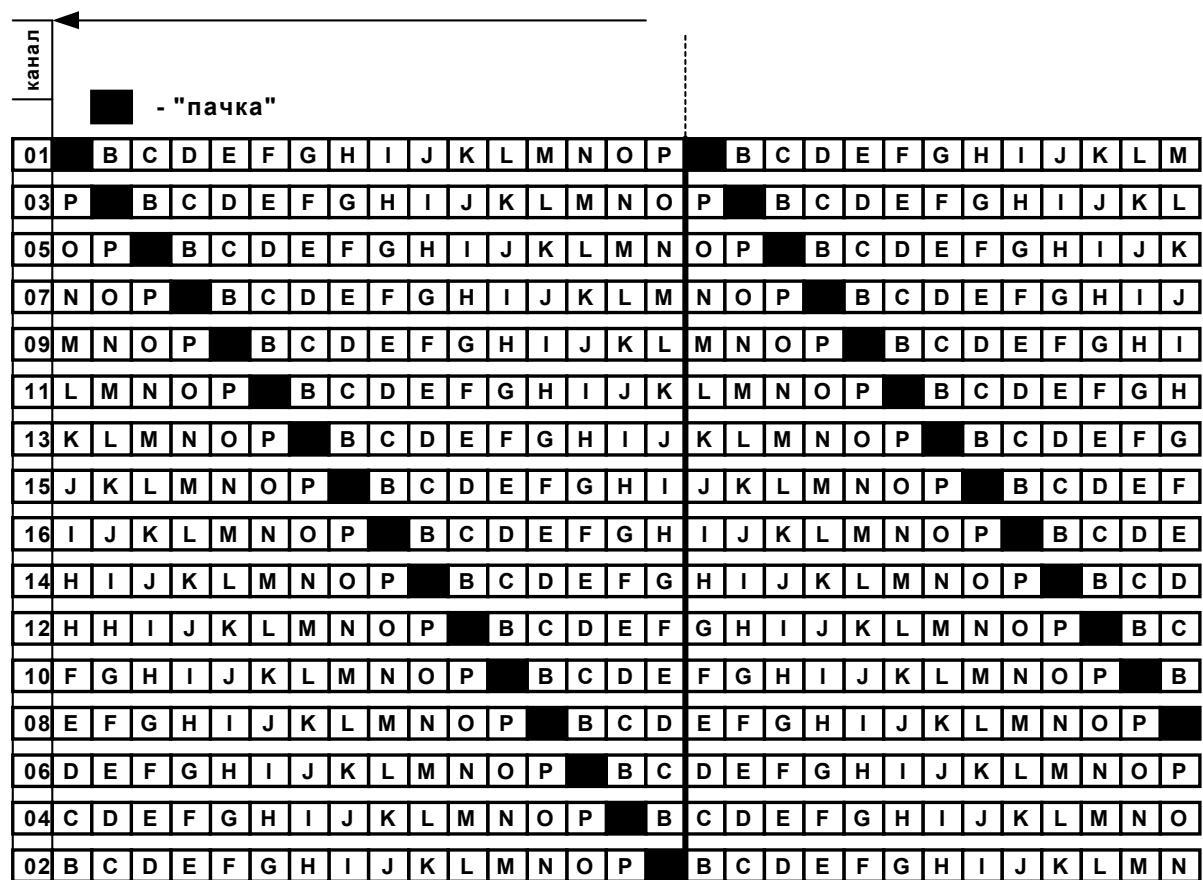


Рис. 3.5

Планируется объединение абонентов сетей ERMES диапазона 160 МГц с абонентами сетей спутниковых СПР типа SkyTel диапазона 931 МГц в Северной Америке и Сингапуре через соответствующие интерфейсы между подсистемами управления [19, 20].

Система ERMES отличается от системы POCSAG специфическим способом взаимодействия зон и централизованных служб в части эксплуатации и обслуживания. В системе ERMES могут быть выделены следующие основные части:

PNC - Paging Network Controller - контроллер сети персонального вызова;

PAC - Paging Area Controller - контроллер зоны обслуживания вызовами;

BS - Base Station - базовая станция.

Контроллер сети персонального вызова является интерфейсом к сетям общего пользования N, PSPDN. ISDN, X.400 и т.д. PNC работает в трех различных режимах:

- PNC-1 - в режиме входящих вызовов;
- PNC-N - в режиме регистра положения;
- T - в режиме передачи.

В небольших сетях все эти режимы управляются одним и тем же аппаратным комплексом IC.

PAC обеспечивает распределение данных к приемопередатчикам и выполняет некоторые статистические вычисления, необходимые при поступлении вызовов.

BS контролирует и передает сигналы персонального радиовызова. На рис. 3.6 показана структурная схема системы ERMES. Каждый компонент системы соответствует своему интерфейсному уровню и обозначается следующим образом:

- I1 - формат кодирования вызываемого приемника персонального радиовызова;
- I2 - протокол PAC-BS;
- I3 - протокол PNC-PAC;
- I4 - протокол связи PNC-PNC;
- I5 - методы доступа;
- I6 - сети связи.

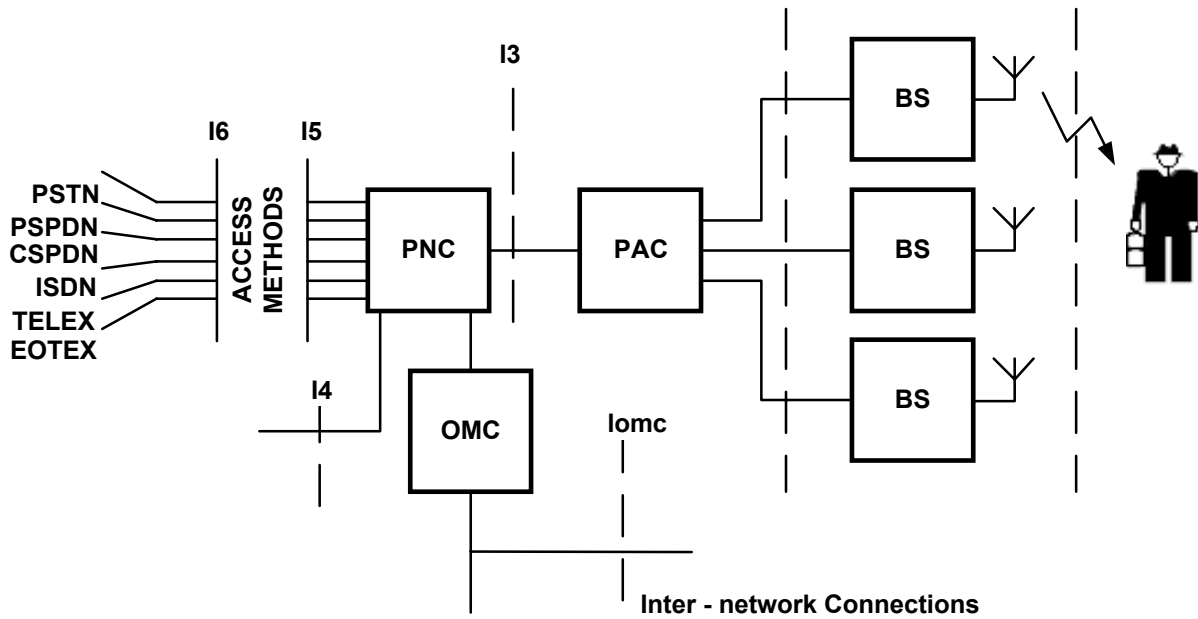


Рис. 3.6

Внедрение СПР ERMES проходит на фоне активно действующих СПР POSCAG. Наиболее прогрессивным направлением внедрения СПР ERMES считается их совмещение с действующими сетями POSCAG [19, 20]. На рис. 3.7 показана структурная схема комбинации сетей персонального радиовызова фирмы Telecom Finland.

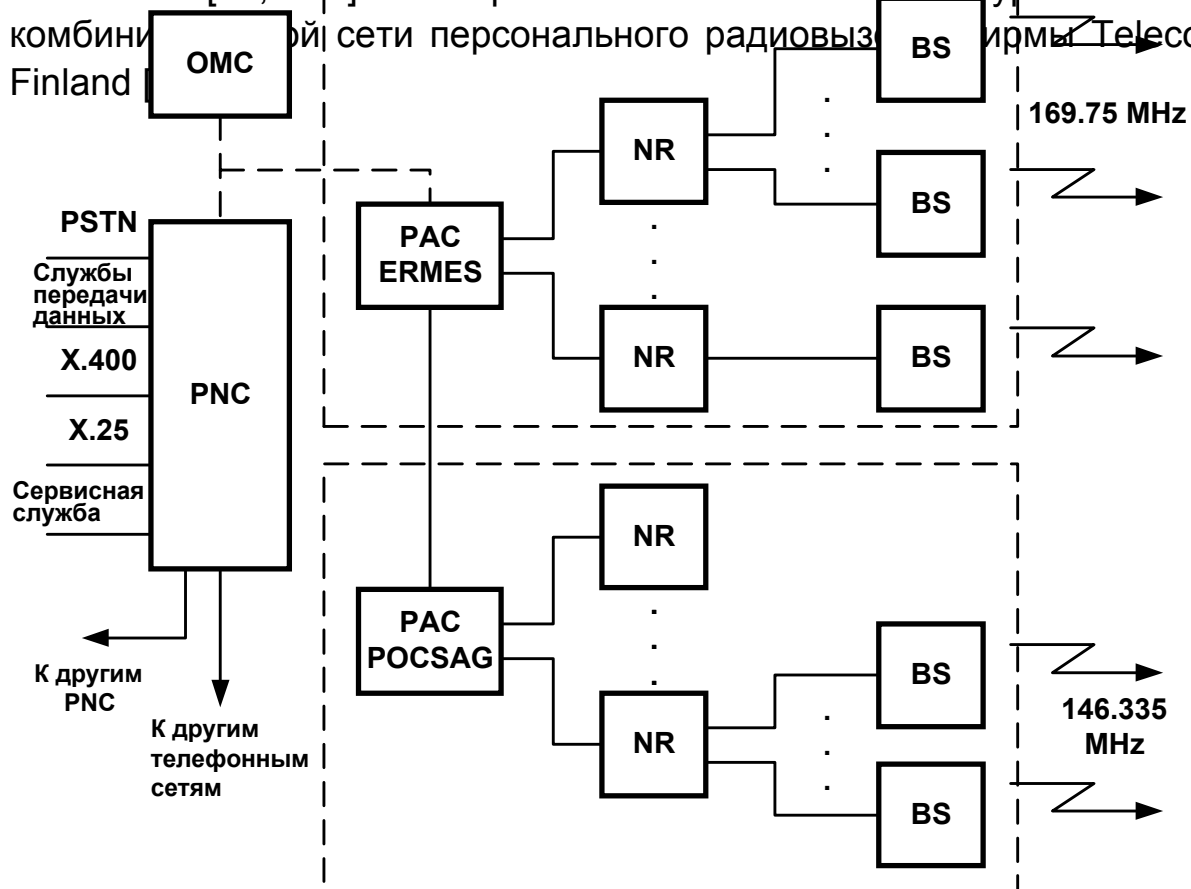


Рис. 3.7

Основным преимуществом этой сети является то, что уже используемые виды услуг и интерфейсы остаются без изменения. Кроме того, абоненты действующей сети POCSAG будут иметь возможность пользоваться новыми ее свойствами, а новые абоненты СПР ERMES смогут пользоваться расширенным набором услуг.

В дополнение к обычному подключению к ТФОП СПР ERMES могут быть соединены со службами пакетной передачи сообщений, службами телекса и видеотелекса (протокол X.400), речевой почтой и другими телеслужбами, которые могут быть сопряжены с системой ERMES посредством протокола UCP (Universal Computer Protocol). Взаимодействие с другими сетями ERMES осуществляется по специально разработанному интерфейсу "I4". Один контроллер пейджинговой сети PNC будет обслуживать абонентов сети POCSAG и сети ERMES, а также обе радиоподсистемы. Пользователи имеют возможность стать абонентами двух сетей и могут иметь один и тот же номер, а также переключаться из сети в сеть. Две СПР обслуживает одна система управления (ОМС). Радиосети двух СПР работают на различных частотах.

3.4. СПР FLEX фирмы Motorola

Рынок систем персонального радиовызова не отличается многообразием протоколов и стандартов передаваемых сигналов. Кроме того, каждый из них имеет свои недостатки и функциональные ограничения.

Фирма Motorola разработала свой протокол передачи сигналов СПР, получивший наименование FLEX, основным преимуществом которого является повышенная скорость передачи сообщений и, как следствие, большая емкость системы, улучшенные характеристики помехоустойчивости канала передачи и обеспечение более экономичного режима работы пейджера относительно СПР с кодом POCSAG. Код FLEX является синхронным, при его формировании используются кодирование и перемежение. Полная структура кадров в СПР FLEX показана на рис. 3.8.

Кадры в СПР FLEX передаются последовательно со скоростью

32 кадра в минуту (1,875 с на кадр). Полный цикл протокола FLEX включает в себя 128 кадров, передаваемых в течение четырех минут, обозначаемых номерами от "0" до "127". Каждый час разделяется на 15 циклов, обозначаемых от "0" до "14".

Информационная часть (слово) кадра содержит номер кадра, состоящий из 7 бит, и номер цикла - 4 бита. Код FLEX является синхронным, и для его синхронизации, осуществляемой по сигналам точного времени, используется кадр "0" и цикл "0" в начале каждого часа. При передаче нулевого цикла и нулевого кадра осуществляется синхронизация приемников.

Интервал синхронизации (Sync) каждого кадра разделяется на три блока: "Sync 1", "Frame info", "Sync 2". Блок "Sync 1" обеспечивает синхронизацию кадра. Блок "Frame Info" содержит информацию в номере цикла и кадра, индикатор фазы мультиплексирования и четыре проверочных бита для оценки качества принимаемой информации. Блок "Sync 2" обеспечивает цикловую (кадровую) синхронизацию в приемнике, демультимплексирование и декодирование блоков сообщений.

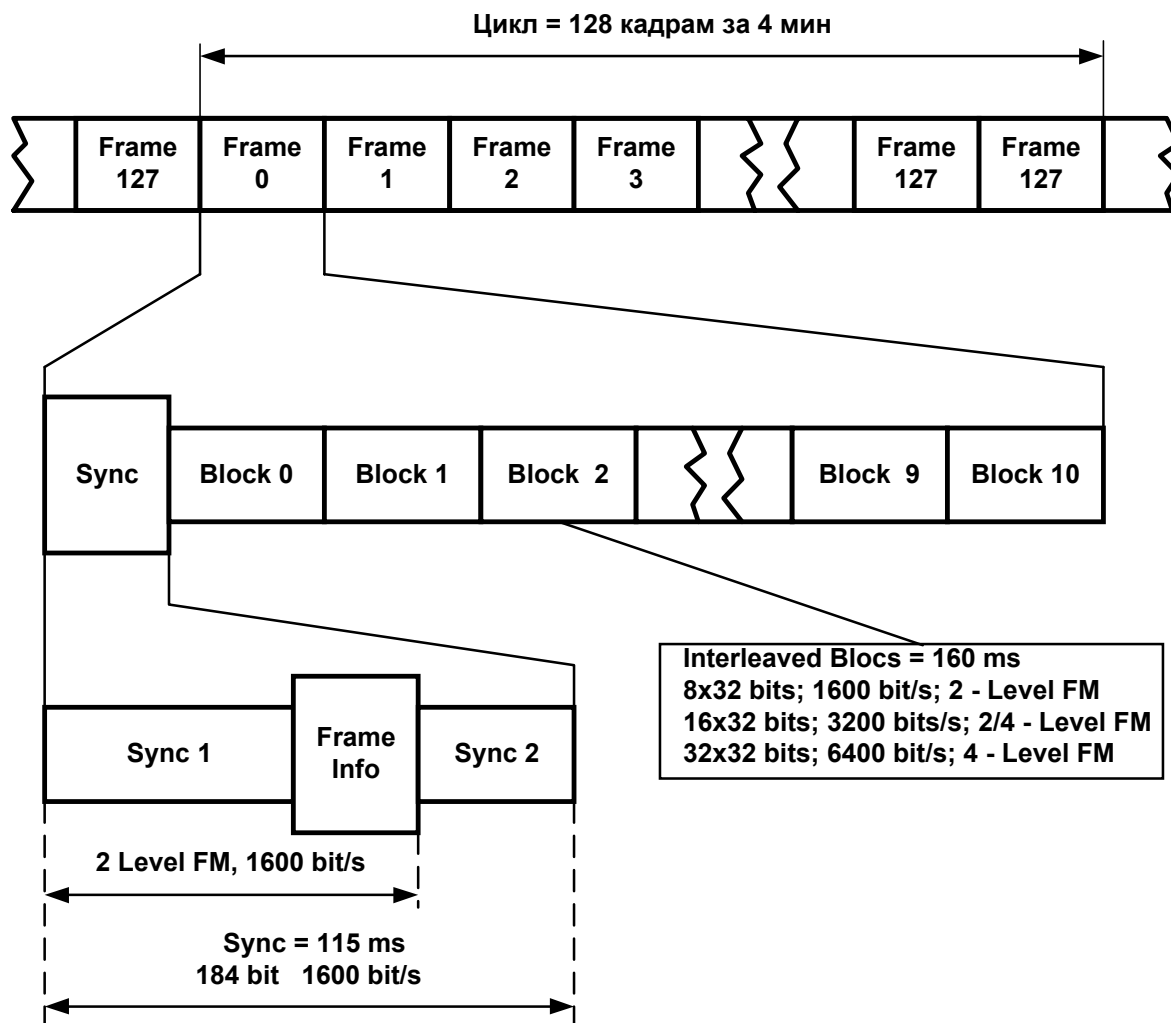


Рис. 3.8

Кадр кода FLEX содержит:

- Sync Blocks – 1,875 с (32 кадра в минуту);
- блоки данных – 11 в кадре, в каждом 8 кодовых слов, перемежаемая глубина – 8;
- используемые кодовые слова – $11 \times 8 - 1$ (Sync) = 87 кодовых слов.

Количество кадров в час – 1920 кадров. Количество кодовых слов в час – $87 \times 1920 = 167\,040$ кодовых слов. Количество рабочих кодовых слов в час (при 100% эффективности) – 167040 кодовых слов.

Скорости блока данных:

- 1600 бит/с (дает 167000 рабочих кодовых слов);
- 3200 бит/с (334080 рабочих кодовых слов);

– 6400 бит/с (668160 рабочих кодовых слов).

Для цифрового знака нужны 4 бита; при кодовом слове (32,21) для передачи сообщения может использоваться 21 бит. Результатом этого являются 5/4 знака на кодовое слово, и на 10 знаков необходимо 8 кодовых слов; всего требуется 4 кодовых слова, включая адресное кодовое слово, векторный бит и проверочные биты.

Для буквенно-цифрового сообщения необходимо 7 бит; при кодовом слове (32, 31) для передачи сообщения может использоваться 21 бит. Это требует 14 кодовых слов на 40 знаков; всего требуется 17 кодовых слов, включая адресное слово, векторный бит и проверочные биты.

Принципиальным шагом к успешному внедрению кода FLEX в системы и средства связи являлась разработка фирмой Motorola микросхемы специализированного сигнального процессора (DSP) и соответствующего программного обеспечения для формирования и приема этого сигнала персонального радиовызова. Использование этого DSP совместно с программными средствами открыло разработчикам практически реализуемый эффективный способ передачи сообщений в различных радиоканалах, включая и СПР. По мнению фирмы Motorola, изготовители во всем мире будут внедрять такие изделия, которые превратят протокол FLEX в неотъемлемую часть повседневной жизни, начиная с пейджеров и компьютеров - до бытовых устройств в домах и в автомобилях. Структурная схема передатчика СПР FLEX показана на рис. 3.9.

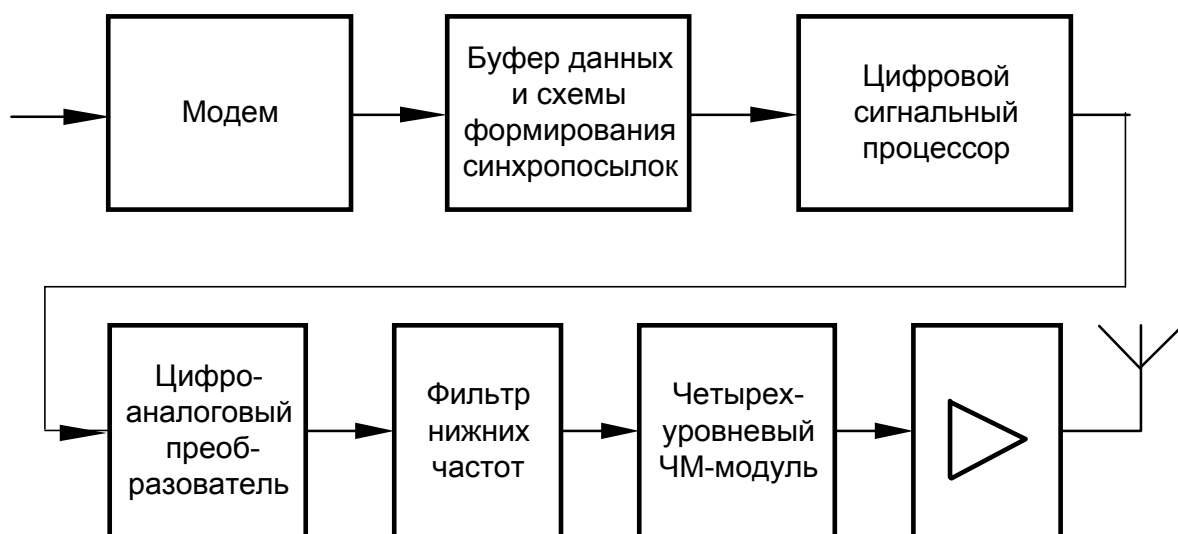


Рис. 3.9

3.5. Пейджинговое оборудование

Базовое оборудование пейджинговых радиосистем включает в себя антенно-фидерную систему, пейджинговый передатчик, пейджинговый кодер, предназначенный для приема сообщений, адресованных абонентам системы, и формирования модулирующего сигнала пейджингового передатчика, и сервер терминала пейджинговой системы связи.

Рассмотрим примеры серийного оборудования пейджинговых базовых станций.

Пейджинговые передатчики MOTOROLA NUCLEUS надежны и характеризуются отличными радиотехническими характеристиками, которые особенно важны для передачи пейджинговых сообщений, – низкий уровень нелинейных искажений, повышенная выходная мощность и высокая стабильность всех параметров передаваемых сигналов, что позволяет строить на их основе многозоновые пейджинговые системы синхронного вещания.

Технические характеристики передатчика следующие:

- номинальная мощность – 125 и 350 Вт;
- частоты – 132...154, 150...174, 150...160, 157...174 МГц;
- разнос частот между соседними каналами – 25 кГц;
- номинальная девиация частоты – 4,5 кГц;
- электропитание – 474, 1180 В;
- габариты – 23*48*51, 35*48*51 см;
- вес – 27 и 48 кг.

Пейджинговые передатчики MOTOROLA TAIT T830-P/T850-P – это передатчики VHF- и UHF-диапазонов мощностью 100 Вт, которые с установлением дополнительной платы DFSK могут работать в пейджинговых системах стандарта POCSAG со скоростью передачи сообщений 512 или 1200 бит/с. Плата DFSK выпускается в двух модификациях: с внутренним опорным генератором или с разъемом

для подключения внешнего опорного генератора.

Технические характеристики передатчика следующие:

- диапазон частот – 136...174, 174...290, 400...520 МГц;
- число каналов – 1;
- шаг сетки частот – 12,5/25 кГц;
- максимальная выходная мощность – 100 Вт;
- габариты – 48*32*30 см;
- вес – 22 кг.

Пейджинговый кодер ZETRON VODEL 16 предназначен для приема сообщений, адресованных абонентам системы, от автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора или сервера терминала пейджинговой системы связи, обработки сообщений и выдачи на передатчик модулирующих сигналов. Он связан с АРМ или терминалом посредством интерфейса RS-232, а с передатчиком четырехпроводной линией.

Кодер поддерживает формат кода POCSAG, GSC со скоростью передачи информации 512, 1200 или 2400 бит/с.

Кодер позволяет формировать тональные, цифровые и алфавитно-цифровые сообщения.

Технические характеристики кодера следующие:

- напряжение питание постоянного тока – 12 В;
- потребляемый ток – 700 мА;
- диапазон рабочих температур – от 0 до +65°C;
- габариты – 54*204*16,8 мм;
- вес – 900 г.

Абонентские терминалы пейджинговой системы представляют собой радиоприемные устройства с контроллерной обработкой сигналов и ЖКИ дисплеем. Основные показатели и возможности серийных пейджеров приведены в табл. 3.2, 3.3. Кроме отмеченных в табл. 3.2, 3.3 функций во всех пейджерах обеспечиваются индикация разряда батареи, индикация выхода из зоны обслуживания,

сохранение памяти от стирания при отключении питания, а также имеется записная книжка на 10 и более телефонов.

4. ЛИНИИ СВЯЗИ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ РАДИОСИСТЕМ

До последнего времени для организации широкополосных систем телекоммуникаций, позволяющих одновременно передавать огромные потоки телефонных сообщений, осуществлять скоростную передачу данных, в частности, для связи между собой базовых станций наземных радиосистем использовались в основном коаксиальные и радиорелейные выделенные линии связи.

Коаксиальным линиям присущи ограниченная полоса передаваемых частот до 1,5...2 ГГц и большое затухание, что приводит к необходимости примерно через каждые 5 км создавать регенерационные участки.

Подверженность эфирных линий связи естественным и искусственным помехам, возросшие экологические требования, “теснота” в эфире сделали актуальной задачу создания новых систем передачи информации. Она блестяще стала решаться с появлением волоконно-оптических линий связи.

В настоящее время для связи между собой базовых станций наземных радиосистем применяются все виды линий связи в зависимости от преимущественной эффективности каждой из линий в конкретных условиях и при конкретных требованиях. В частности, используются кабельные двух- и четырехпроводные, коаксиальные, волоконно-оптические и радиорелейные выделенные линии, а также в некоторых случаях при небольших потоках информации и требовании малых затрат на организацию выделенных линий – выделенные линии пакетной радиосвязи.

Рассмотрим технику волоконно-оптических и пакетных линий связи.

4.1. Волоконно-оптические линии связи

На рис. 4.1 показана структура волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), где СП1 – система преобразования аналоговых сигналов в цифровой поток; СП2 – система преобразования цифрового потока в аналоговые сигналы; ОС – оборудование сопряжения; ОП – оптический передатчик; ОПр – оптический приемник; ОРГ – оптический регенератор; ОР – оптический разъем; ОК – оптический кабель.

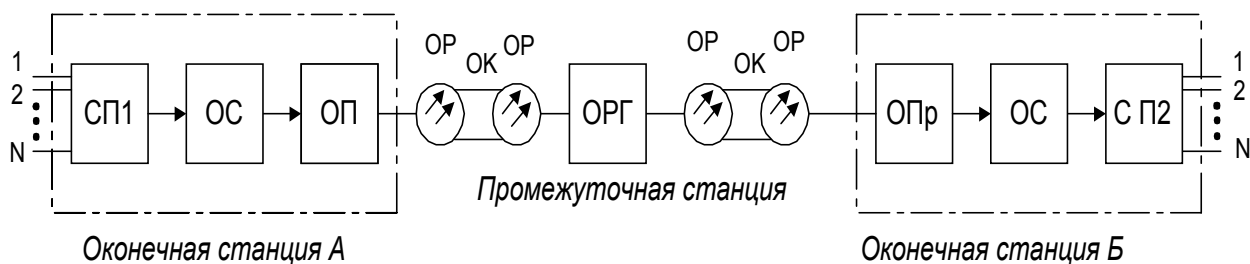


Рис. 4.1

В настоящее время во всем мире средства телекоммуникации переживают период широчайшего внедрения волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) в практику. Им свойственно чрезвычайно низкое затухание оптических сигналов (до 0,005 дБ/км), что позволило резко увеличить длину регенерационного участка – до ста и более километров. Заметно их преимущество и в том, что диаметр световода (около 125 мкм) дал возможность получить оптический кабель малого диаметра и веса, к тому же его изготавливают из дешевого исходного материала – аморфного кварца (песка). А это делает его вдвое дешевле по сравнению с коаксиальным.

Отсутствие металла в оптических волокнах означает неподверженность кабеля электромагнитным помехам. Используя его, можно создавать системы с высокой скрытностью связи, несанкционированный доступ, к которым возможен только при непосредственном подсоединении к отдельному волокну. Световоды различных типов позволяют заменять электрические кабели в цифровых системах связи всех уровней иерархии, открывают возможность постоянно совершенствовать их по мере появления новых источников излучения, фотоприемников с улучшенными характеристиками при полном сохранении совместимости с другими системами связи.

В мире сейчас проложены десятки тысяч километров волоконно-оптических линий связи. Сети ВОЛС охватили страны Западной Европы, США, Японии, СНГ и многие другие. Речь идет и о местных линиях протяженностью от нескольких десятков-сотен километров до магистралей в тысячи километров, на которых информация передается со скоростью до 2,4 Гбит/с.

Оптоволоконные комплексы. Для внутризональных сетей выпускаются две цифровые системы (комплексы аппаратуры

"Сопка-2" и "Сопка-3"), обеспечивающие передачу вторичного цифрового потока со скоростью 8,448 Мбит/с и третичного цифрового потока со скоростью 34,368 Мбит/с. Начинается производство комплекса аппаратуры "Сопка-3м", которую следует отнести ко второму поколению аппаратуры третичной цифровой системы передачи. Если системы "Сопка-2" и "Сопка-3" работают на длине волны 1,33 мкм, то "Сопка-3м" – на 1,55 мкм, что позволяет увеличить расстояние между промежуточными станциями до 70 км.

Для применения на местных городских сетях предназначен комплекс "ИКМ480-5". Он используется в третичной сети со скоростью передачи информации 34,368 Мбит/с. Магистральные сети может обеспечить четвертичная цифровая система "Сопка-4", работающая на длине волны 1,3 мкм. Выпуск модернизированного комплекса "Сопка-4м" позволит существенно увеличить длину регенерационного участка с 30 (для "Сопки-4") до 50 – 70 км ("Сопка-4м"). Разработана также аппаратура для системы "Сопка-5", которая сможет передавать цифровую информацию со скоростью 668,4672 Мбит/с при максимальной длине регенерационного участка 70 км. Ведется проектирование аппаратуры "Сопка-6" для скорости передачи информации 2,4 Гбит/с.

Оптические волокна. Применяют два основных класса оптического волокна (ОВ): многомодовое и одномодовое.

Многомодовые волокна выпускаются промышленностью двух типов: со ступенчатым и градиентными профилями показателя преломления. Оба типа волокна рассчитаны для работы в диапазонах 0,85 и 1,3 мкм.

ОВ отличаются большим диаметром сердцевины (50 мкм), что позволяет вводить в волокно большую мощность и облегчает операцию сращивания ОВ. Высокая ширина полосы пропускания градиентных волокон (1000...1500 МГц) обеспечивается жестким контролем формы профиля показателя преломления при его изготовлении. Это удастся достигнуть на базе тонкой технологии производства.

Применяется несколько типов одномодовых ОВ. Один из них – стандартное D-волокно для работы в диапазоне 1,3 мкм, имеет потери 0,4 дБ/км и почти не реагирует на потери, вызванные макро- и микроизгибами линии.

На основе стандартного D-волокна производится

усовершенствованное волокно, которое предназначено для работы в двух окнах прозрачности кварцевого материала 1,3 и 1,55 мкм. Его затухание в диапазоне 1,55 мкм удалось понизить до 0,2 дБ/км.

Освоено также производство DD ОВ для работы на $\lambda = 1,55$ мкм с так называемой нулевой дисперсией (искажением оптических импульсов). Такие волокна применяют в кабелях для перспективных высокоскоростных линий связи с регенерационными участками большой длины, особенно для трансокеанских волоконно-оптических систем передачи (ВОСП). Кроме того, освоено выпуск ОВ с выровненной (близкой к нулю) дисперсией в интервале длин волн 1,3...1,55 мкм. Этот тип ОВ пока сложен в производстве и поэтому имеет высокую стоимость, что ограничивает его применение.

Основными производителями ОВ за рубежом являются фирмы АТ&Т (США) и NEC (Япония). Американцы вышли на уровень минимального затухания 0,18 дБ/км на длине волны 1,55 мкм, а японцы – 0,2 дБ/км.

Из тех или иных классов оптических волокон изготавливают в соответствии с назначением и областью применения различные волоконно-оптические кабели. Их десятки марок, применяемых на городских, магистральных и внутризоновых ВОЛС. В них используются как многомодовые, так и одномодовые волокна. Такие кабели содержат 4, 8 или 16 оптических волокон, а их общий диаметр, соответственно, 15,3 или 18,2 мм.

Источники оптического излучения. Значительный прогресс наблюдается в создании и таких важных элементов ВОСП, к которым относят источники оптического излучения. В качестве излучателей ныне широко применяются полупроводниковые лазеры и светоизлучающие диоды (СИД). Они соответствуют одному из окон прозрачности ОВ (0,85, 1,3 или 1,55 мкм). Лазеры также могут быть многомодовыми и одномодовыми. Последние, в свою очередь, подразделяются на несколько типов. При этом следует выделить так называемые РОС–лазеры с распределенной обратной связью и одночастотные лазеры. Стандартные полупроводниковые лазеры развивают мощность излучения 1 мВт. При этом спектр излучения многомодовых лазеров занимает полосу 2 нм, одномодовых – 0,2 нм. Оптические параметры современных лазеров зависят от температуры. Для ее стабилизации применяются микрохолодильники (элементы Пельтье), включаемые в специальную схему автоматической стабилизации.

Производятся полупроводниковые лазеры как многомодовые (ИЛПН-206, ЛМЗ-1300БТ), излучающие на длинах волн 1,3 мкм, так и одномодовые (РОМ-14, РОМ-19, РОМ19-1, ДЛ-216-1А, ДЛ-216-2А, ДЛ-216-3А, ДЛ-216-В, ДЛ-234-В, ДЛ-354-2А, 2В, 2С, РО-МО354-1,2 и др.). Они рассчитаны на длины волн 1,3 и 1,55 мкм. Их мощность от 1 до 10 мВт при токах накачки от 25 до 50 мА. Конструктивно лазеры выполнены в корпусе микросхемы с 14 выводами. Кроме самого лазера в этом корпусе встроены фотодиод для контроля излучаемой мощности, терморезистор и микрохолодильник.

Фотоприемники. Большое внимание при совершенствовании элементов ВОЛС уделяется фотоприемникам, преобразующим энергию оптического излучения в электрический ток. В современных ВОЛС в качестве фотоприемников применяются р-і-п-фотодиоды и лавинные фотодиоды (ЛФД). Они изготовлены на основе кремния (Si) для работы на длине волны 0,85 мкм или на основе германия (Ge), или сложного химического соединения (InGaAl) для диапазона 1,3...1,7 мкм. Это химическое соединение с примесью алюминия позволило создать наиболее современные фотоприемники. Такие фотодиоды способны работать на частотах более 50 ГГц.

Выпускается широкий спектр лавинных фотодиодов для ВОЛС: ЛФДГ-70Т (ТЛ), ЛФДГ-70, ФДГ-70, ЛФДГ-1506, ЛФДГ-200 и т. д. Конструктивно они также выполнены в корпусах от микросхем. Часть из них содержит кроме самого фотодиода предварительные каскады усиления.

Волоконно-оптические усилители. Основой волоконно-оптических усилителей являются активные оптические волокна, легированные ионами редкоземельных элементов эрбия (для $\lambda = 1,55$ мкм) или празеодима (для $\lambda = 1,3$ мкм). Длина этого активного волокна, являющегося усилительным элементом, составляет от 0,6 до 10 м в зависимости от типа усилителя. В состав усилителя входят оптические изоляторы, пропускающие свет только в одном направлении, мультиплексоры, с помощью которых в активное волокно (с торца) вводится кроме информативного излучения еще и излучение от лазеров накачки на длине волны, меньшей длины волны информативного оптического излучения.

Существует два типа волоконно-оптических усилителей: усилитель мощности (его место в структуре на передающей стороне) и предусилитель (на приемной стороне линии или вместо регенерационного пункта для компенсации потерь в промежутке

между передающей и приемной сторонами). Кроме волоконно-оптических усилителей света существуют полупроводниковые, которые в ряде случаев оказываются вполне конкурентны с волоконными.

Рассмотрим примеры современного серийного оборудования ВОЛС.

Аппаратура цифровой волоконно-оптической связи ФК-35 предназначена для сооружения сетей различной топологии и размера (точка-точка, линия, звезда, смешанная) и для работы с современным оборудованием ИКМ, электронными АТС и аппаратурой передачи данных. Оборудование ФК-35 позволяет организовывать как асинхронный, так и синхронный режимы работы (с синхронизацией от внешнего источника).

Оборудование построено на основе плезиохронной цифровой иерархии 2048 кбит/с и обеспечивает мультиплексирование 2 Мбит/с потоков в 8 Мбит/с (120-канальные) потоки, мультиплексирование 8 Мбит/с потоков в 34 Мбит/с (480-канальные) потоки и передачу 34 Мбит/с потоков через волоконно-оптический кабель с расстоянием между регенераторами 160 – 80 км на длине волны 1,55 мкм или 80 – 90 км на длине волны 1,3 мкм.

Обслуживание системы организовано на базе служебного канала телеконтроля и программного обеспечения для сетевого компьютера. Служебный канал обеспечивает передачу по рабочему волоконному кабелю сигналов служебной телефонной связи и сигналов данных телеметрии. Центр обслуживания с сетевым компьютером может быть установлен в любой точке волоконно-оптической сети и позволяет оператору получать информацию об авариях любого блока в текущий момент и в прошлом, анализировать результаты статистической обработки ошибок, тестировать оборудование путем установки дистанционных шлейфов, введением контролируемых ошибок и т.д.

В стандартном варианте блок аппаратуры комплектуется двумя модулями вторичного электропитания (основным и резервным) и по желанию заказчика может быть дополнен резервным комплектом оптического приемопередатчика, обеспечивающим работу системы по стандарту 1+1 (резервируется групповая часть оборудования и оптический линейный тракт).

Базовый блок аппаратуры соответствует девятнадцатидюймовому стандарту и экранирован согласно требованиям EMC.

Оборудование рассчитано на питание нестабилизированным напряжением 24 В (-20...-30 В – модификация А) или 60 В (-40...-70 В – модификация Б). Оборудование может поставляться со стойкой питания, содержащей аккумуляторную батарею Cloride Powersafe (Великобритания) и сетевым выпрямительно-зарядным блоком, которая обеспечивает бесперебойное питание напряжением 60 В (12 А) или 24 В (25 А).

Аппаратура рассчитана на работу в температурном диапазоне от - 5 до + 45 °С (относительная влажность 95% при температуре + 35 °С).

Изделие ФК-35-10 предназначено для организации магистральных, зонавых и городских линий связи по одномодовым оптическим кабелям в диапазоне длин волн 1,3 или 1,55 мкм. Изделие, состоящее из двух стандартных стоек, включающих в себя линейный оптический терминал ЛОТ-40-10, систему обслуживания и управления (СОУ) на базе персонального компьютера (ПК), позволяет организовать линейный тракт с отдельными волоконными световодами оптического кабеля для направлений передачи/приема и обеспечить передачу 12 потоков 2 Мбит/с.

Изделие представляет собой оборудование вторичного и третичного мультиплексирования первичных групповых цифровых сигналов. В аппаратуре предусмотрена возможность осуществления внешней синхронизации (вход/выход) с частотой 2048 кГц. Аппаратура позволяет осуществить передачу информации от четырех датчиков (замыкание/размыкание) с обработкой полученных данных на ПК и выдачей соответствующей аварийной информации на блок сигнализации.

В базовом блоке ЛОТ-40-10 размещаются:

- модуль телеметрии МТС-35;
- комплект оптического приемопередатчика КОПП-35;
- комплект модулей интерфейсных стыков.

Комплект модулей интерфейсных стыков может включать в себя:

- от одного до трех модулей КМ-25 (комплект вторичного мультиплексора), каждый из которых обеспечивает четыре первичных стыка 2048 кбит/с;

- от одного до трех модулей вторичного интерфейса МИ-2, каждый из которых обеспечивает один вторичный стык 8448 кбит/с;
- модуль третичного интерфейсного стыка МИ-3, который обеспечивает один третичный стык 34368 кбит/с.

Формат данных на стационарных стыках представлен квазитроичным кодом HDB3 (МЧПИ). Для первичного стыка 2048 кбит/с предусмотрена возможность использования симметричных (120 Ом) или коаксиальных (75 Ом) стыков цепей.

Модем МОП-Е1х4 предназначен для передачи четырех первичных потоков Е1 по общему линейному оптическому тракту.

Расположенные на передней панели кнопки и индикаторы позволяют контролировать состояние линии организованной парой модемов, а также устанавливать с любой стороны линии шлейфы для тестирования. Перемычки, расположенные на печатной плате под верхней крышкой, позволяют выбрать вид и сопротивление стыковых цепей для подачи первичных потоков, а также режим запуска оптического передатчика после аварийного снижения или пропадания оптической мощности на входе оптического приемника: ручной или автоматический.

Технические характеристики модема:

- габаритные размеры (Ш x В x Г) – 200 x 40 x 280 мм;
- масса – 0,85 кг;
- электропитание – от источника постоянного тока с номинальным напряжением 60 В, допустимый диапазон напряжений источника питания – от 36 до 72 В, потребляемая от источника питания мощность – не более 5 Вт;
- номинальное нагрузочное сопротивление (вид цепи стыка) – 120 Ом (симметричная цепь), 75 Ом (коаксиальная цепь);
- скорость данных – $(2048 \pm 0,102)$ кбит/с;
- номинальная амплитуда сигналов – $(3 \pm 0,3)$ В на нагрузке 120 Ом и $(2,37 \pm 0,237)$ В на нагрузке 75 Ом;
- допустимое ослабление стыковой цепи по входу на частоте 1024 кГц – $(0 \dots 6)$ дБ;
- уровень мощности выходного оптического сигнала – не менее - 5 дБм;
- длина волны оптического излучения – (1310 ± 25) или

(1550±25) нм;

– допустимый диапазон входного оптического сигнала (при вероятности ошибок входных потоков 2048 кбит/с не хуже 10^{-10}) – от - 5 до - 35 дБм;

– тип оптических соединителей – FC/PC.

4.2. Радиолинии пакетной связи

При осуществлении пакетной связи обмен информацией проводится в соответствии с протоколом AX.25, представляющим собой переработанную специально для радиосетей версию протокола X.25 кабельных коммутационных сетей. Протоколы обмена содержат семь уровней. Процедуры работы по радиоканалу описываются во втором уровне, который реализуется специальным контроллером пакетной связи (TNC), размещенным между компьютером и приемопередатчиком [25].

Протокол обмена AX.25 обеспечивает многостанционный (множественный) доступ канала связи с контролем занятости. Все станции считаются равноправными. Прежде чем включиться в работу TNC станции проверяет, свободен ли канал и, если канал занят, то проверка осуществляется до тех пор, пока он не окажется свободным, и лишь после этого станция включается на передачу.

При пакетной связи сообщения передаются блоками – ядрами. Кроме информации в кадре содержатся данные о назначении кадра, адресах отправителя, получателя и ретранслятора, через которые должно пройти сообщение, а также данные о контрольной сумме, позволяющей проверить правильность принятых кадров.

Формат кадров. Каждая законченная часть информации представляет собой кадр. Он имеет определенный формат.

Каждый кадр (рис. 4.2) начинается с уникальной последовательности бит 01111110, которая называется флагом и позволяет распознать начало кадра. Далее идут адресное поле размером от 14 до 70 байт, управляющее – 1 байт, информационное – от 0 до 256 байт, контрольное – 2 байта.

Флаг	Адрес	Управляющее поле	Информационное поле	Контрольная сумма	Флаг
------	-------	------------------	---------------------	-------------------	------

01111110	14/70 Байт	1 Байт	N Байт	2 Байта	01111110
----------	------------	--------	--------	---------	----------

Рис. 4.2

При использовании сетевого третьего уровня протокола образуется дополнительное идентификационное поле, которое выступает как часть информационного поля. Заканчивается кадр также флагом.

Флаговое поле. Как уже было отмечено, флаговое поле представляет собой уникальную последовательность бит 01111110. Если далее в кадре встретится такая же последовательность, то для того, чтобы корреспондент ее не принял за признак окончания пакета, после пятого бита вставляется ноль.

Адресное поле (рис. 4.3). Оно может содержать от двух до десяти радиоловительских позывных. Простейший случай – два позывных, если два корреспондента работают между собой непосредственно. Если эти корреспонденты находятся вне зоны радиовидимости, то они могут использовать станции других операторов в качестве ретранслятора. В одной линии их может быть до восьми. Позывные ретрансляторов также входят в адресное поле. Таким образом, оно делится на три подполя: получателя, отправителя и ретранслятора. Позывные, занесенные в него, могут состоять не более чем из шести символов. Если позывной состоит менее чем из шести символов, то он дополняется соответствующим количеством пробелов.

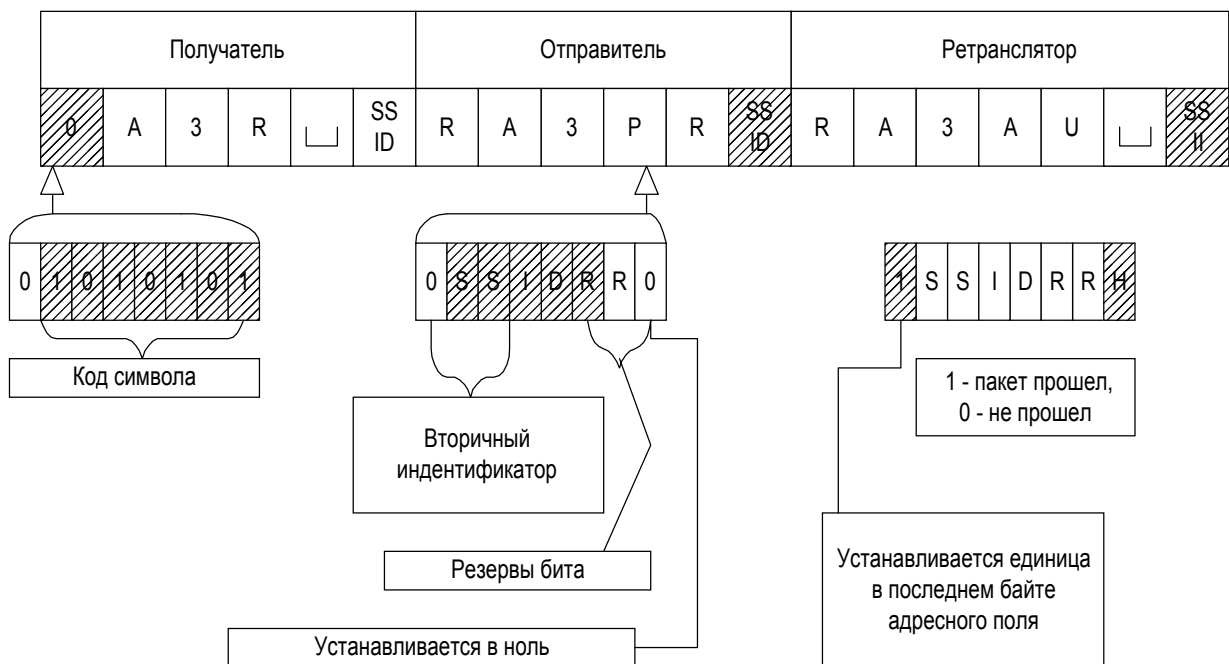


Рис. 4.3

После позывного в каждом подполе идет вторичный идентификатор станций. Это некоторое число от 0 до 15. Оно обозначает, что оператор имеет несколько станций пакетной связи, аппаратуру BBS, а также NET/ROM. Обычно сам оператор работает с позывным без номера или с номером один. К позывному “почтового ящика” и узловой станции дополнительно прибавляются цифры от двух до девяти, а при прохождении сигнала транзитом через NET/ROM – от 10 до 15 в зависимости от того, через сколько узловых станций прошел пакет.

Число идентификатора в двоичном виде занимает четыре бита со второго по пятый в байте, следующем после каждого позывного. На рис. 4.3 эти биты обозначены как SSID (SECONDARY STATION IDENTIFIER). Первый бит этого байта используется как признак конца адресного поля. Если он обозначен единицей, то это признак последнего байта адресного поля. Для шестого и седьмого битов нет определенного назначения, и они могут использоваться в локальных сетях по договоренности пользователей. Восьмой бит в подполе отправителя и получателя устанавливается в ноль. В подполе ретранслятора его обозначают единицей, если пакет прошел через ретранслятор, и нулем, если нет.

Установление бита ретранслятора необходимо для того, чтобы ретрансляторы, находящиеся в зоне радиовидимости друг друга, следовали очередности передачи пакетов через себя и выполняли эту процедуру строго в порядке, заданном отправителем пакета.

Управляющее поле. В нём содержится информация кадра, которая используется для определения назначения сообщения. Все кадры пакета можно разделить на три основных типа: I – информационные кадры, содержащие символьную или цифровую информацию; S – служебные, подтверждающие, что кадр принят, или содержащие запрос на выдачу очередного информационного кадра; нумерованные кадры – запрос на соединение-разъединение. К этому типу относятся и сигналы маяков.

Кроме того, в этом поле записан номер отправляемого кадра или при подтверждении о получении сообщения номер следующего кадра, который готов принимать TNC корреспондента. Подобная нумерация введена потому, что через канал может подряд

передаваться несколько кадров от одного до семи, и она может помочь разобраться при сбое. Если произойдет ошибка в каком-либо из кадров, то контроллер получателя сообщит контроллеру отправителя о том, что он готов к приёму того номера кадра, который еще не принят или был принят с ошибкой. Например, одна станция отправила другой подряд четыре пакета и при приеме третьего произошла ошибка, в этом случае контроллер получателя сообщит отправителю: “готов к приему третьего пакета”.

Информационное поле. В нем размещается поле, информация объемом 256 байт, представленная в кодах, которая при приеме корреспондентами отображается на экране дисплея ЭВМ.

Иногда первый бит информационного поля выступает в качестве самостоятельного подполя – идентификатора протокола. Это происходит в случае использования третьего (сетевого) уровня при прохождении пакета через NET/ROM.

Контрольное поле служит для проверки правильности радиообмена. Оно представляет собой шестнадцатиразрядное число, которое подсчитывается с помощью полинома $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ в соответствии с алгоритмом HDLC (High Level Data Link Control Procedures).

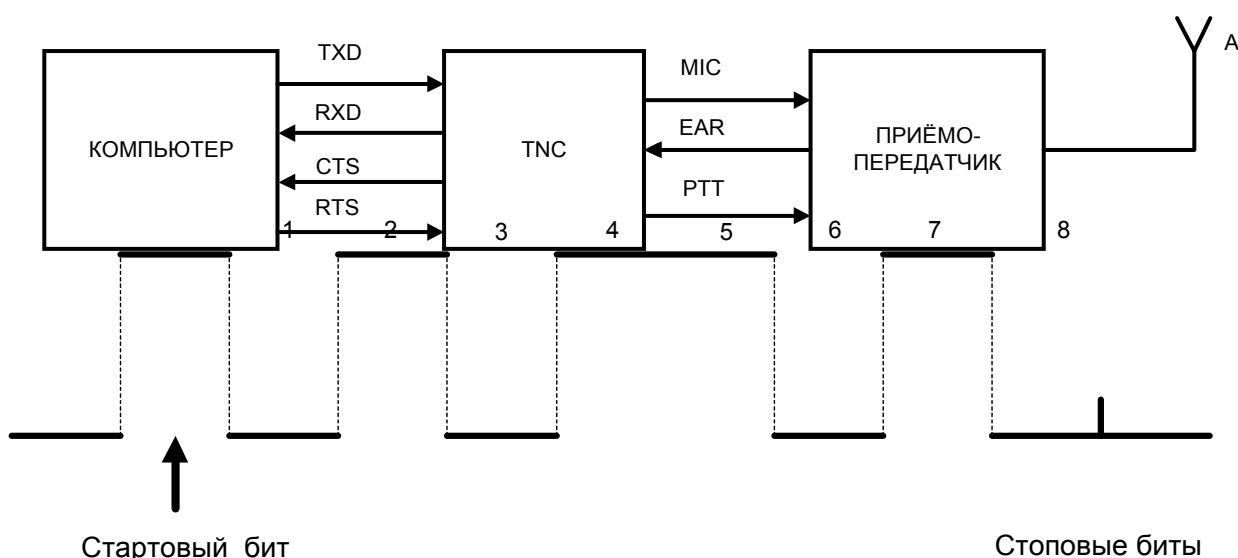
TNC отправителя просчитывает контрольную сумму по всему кадру и помещает ее в конец кадра. На приемном конце по тому же алгоритму она просчитывается вновь и сверяется с суммой, помещенной в конце кадра. Если эти два числа совпадают, то кадр считается принятым верно.

Существуют два способа подсчета контрольной суммы: аппаратный и программный. При аппаратном способе кадр проходит через некоторое устройство (сумматор), в результате чего в его регистре оказывается записанным число, которое и является контрольной суммой. При программном способе подсчет контрольной суммы выполняется с помощью специальной программы. При этом кадр сначала полностью принимается в оперативную память, а затем производится подсчет. Первый способ реализует высокое быстродействие, но требует дополнительных аппаратных средств. Второй способ имеет низкое быстродействие, но дополнительных аппаратных затрат не требует.

Структура станции (рис. 4.4) пакетной связи, реализующая протокол AX.25, содержит компьютер, модем TNC,

приемопередатчик и антенно-фидерное устройство А. При работе на станции пакетной связи оператор набирает информацию на клавиатуре, а получает ответы в виде символов на экране монитора. Информация, передаваемая оператором, может быть командой для TNC или текстом.

После нажатия на клавишу компьютер определяет код, соответствующий этой клавише, и посылает его по последовательному каналу. Обмен по этому каналу происходит побайтно. Вид передаваемого байта показан на рис. 4.5. Некоторые параметры, которые характеризуют передаваемый байт, могут быть различными, но необходимо, чтобы параметры, установленные в



TNC и в компьютере, совпадали. Их характеризуют следующие параметры: длина информационного слова (7 или 8 бит), наличие проверки на четность или нечетность, стартовый бит (один), стоповый бит (один, полтора или два), скорость обмена (50, 75, 150, 300, 1200, 2400, 4800 или 9600 бит/с).

Рис. 4.4

Рис. 4.5

Уровни напряжений, используемых в данном интерфейсе: единица – от +3 до +12 В, ноль – от -3 до -12 В. Информация в направлении от компьютера передается по линии TXD, а в обратном направлении – по линии RXD. Кроме того, существуют еще две дополнительные линии CTS и RTS, по которым подается сигнал о готовности компьютера или TNC к приему очередного байта. Прежде

чем передать байт по линии TXD, компьютер проверяет линию CTS. Если на ней уровень сигнала характеризует готовность TNC к приему байта, то компьютер посылает его, если нет, то ожидает изменения уровня. Аналогичную процедуру производит TNC с использованием линии RXD для передачи информационного байта и линии RTS для проверки готовности.

Последовательность нескольких байт, поступивших в TNC, может быть либо командой, либо информацией, предназначенной для отправления по радиоканалу. В первом случае команда декодируется и исполняется, во втором – формируется кадр в соответствии с протоколом AX.25 и переводится из стандартного кода в код NRZ-1 (None Return to Zero inverted). В этом стандарте предусмотрено, что перепад физического уровня сигнала происходит в том случае, если в последовательности передаваемых бит встречается ноль. Временная диаграмма, поясняющая этот процесс, показана на рис. 4.6, где показана исходная посылка, и она же в виде кода NRZ-1.

Обычно модем конструктивно выполняется в одном корпусе с TNC. Его цифровую часть, как правило, называют ассемблером-дизассемблером кадров. Ассемблер-дизассемблер кадров и модем связаны между собой четырьмя линиями: TXD – для передачи кадров в коде NRZ-I, RXD – для приема кадров в коде NRZ-1, PTT – для включения модулятора и DCD, по которой подается сигнал с демодулятора о занятости канала.

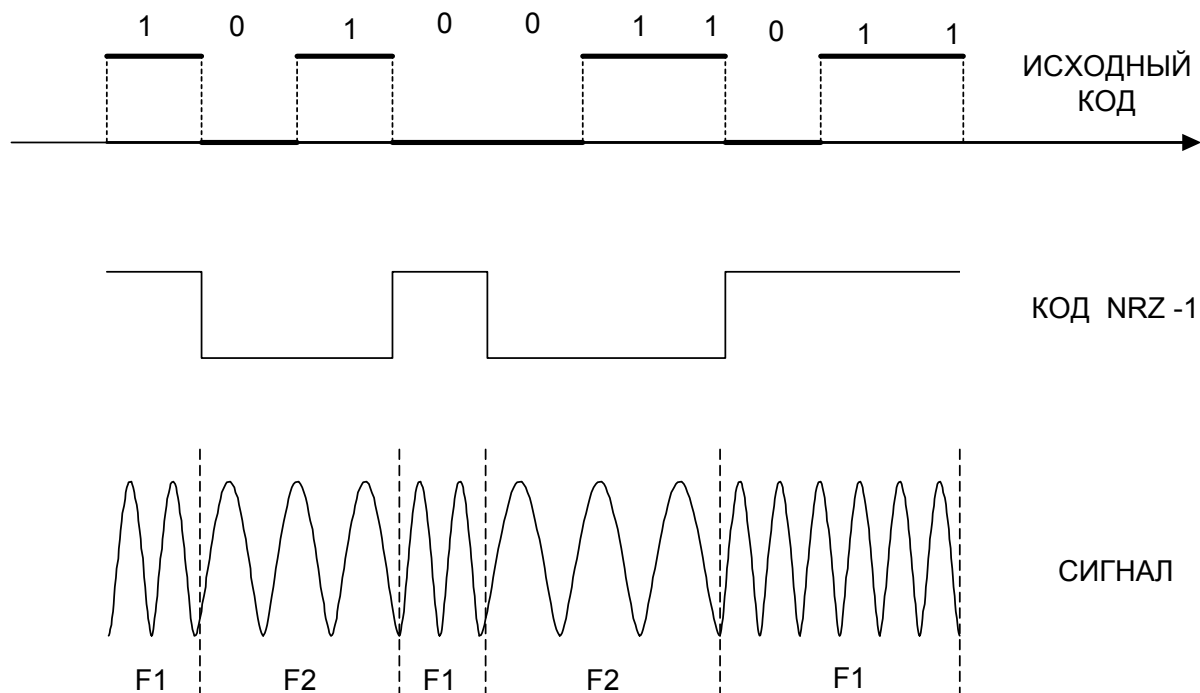


Рис. 4.6

Модем представляет собой совокупность двух устройств: модулятора и демодулятора. Перед отправлением пакета ассемблер-дизассемблер кадров включает модем с помощью сигнала на линии РТТ и по линии ТХД посылает кадр в коде NRZ-1. Модулятор производит заполнение полученной последовательности двумя звуковыми частотами. Единица соответствует частоте F1, а ноль – частоте F2. Сигнал, промодулированный звуковой частотой, по линии МІС поступает на микрофонный вход передатчика.

При приеме кадров последовательность импульсов, заполненных звуковой частотой, с выхода приемопередатчика по линии ЕАР поступает на вход демодулятора. Демодулятор производит обратный процесс: из последовательности импульсов звуковой частоты выделяет огибающую, которая и представляет собой кадр в виде кода NRZ-1. Этот кадр поступает в ассемблер-дизассемблер пакетов. При появлении в канале сигнала, промодулированного одной из частот F1 или F2, специальный детектор формирует на выходе сигнал, свидетельствующий о занятости канала.

Сигнал РТТ кроме включения модулятора выполняет еще одну функцию – управляет транзисторным ключом, который переключает приемопередатчик с приема на передачу.

В пакетной связи используются два типа модемов: для коротких и ультракоротких волн. На коротких волнах используется однополосная модуляция, а скорость передачи по радиоканалу 300 бит/с, при этом разнос звуковых частот, соответствующих нулю и единице, должен составлять 200 Гц. В Европе приняли стандарт, по которому установлено, что нулю соответствует частота модуляции 1350 Гц, а единице – 1650 Гц.

На ультракоротких волнах (УКВ) работают на скорости передачи 1200 бит/с при разnose частот 1000 Гц. Так как в диапазоне УКВ используется частотная модуляция, то частоты строго фиксированы. Принято, что нулю соответствуют 1200 Гц, а единице – 2200 Гц.

Встроенный в модем контроллер осуществляет функции управления радиостанцией. Процесс управления передачей в последовательной линии RS 232 происходит по протоколу AX.25 сигналами RTS/CTS. В модемах имеются микросхемы ПЗУ с прошивками установок протокола AX.25 (табл. 4.1). Протокол AX.25 передачи данных обеспечивает помехоустойчивое кодирование и полную достоверность передаваемой информации за счет того, что выполняется следующее:

- радиосредства постоянно контролируют занятость эфира и осуществляют передачу пакетов данных только при отсутствии в эфире сигналов и помех;

- если проверка правильности передаваемой цифровой информации дает отрицательный результат, то производится повтор передачи “испорченного” радиопомехой пакета данных.

Таблица 4.1

Установки	Описание установок и их параметров
Ax25l2v2 <u>ON</u> OFF	Версии протокола AX25 LEVEL2 TNC использует версию 2.0 TNC использует версию 1.0
Askprior <u>ON</u> OFF	Приоритетный доступ к каналу ---- включен ----выключен
ACKTime N	Время передачи данных в канал В десятках миллисекунд (14 – по умолчанию)
Autolf <u>ON</u> OFF	Символ перевода строки Посылается после символа возврата каретки Не посылается
Awlen N	Количество разрядов данных в слове 7 или 8 (8 – по умолчанию)
AXDelay N	Задержка включения речевого репитера 0 – 180 в десятках миллисекунд (0 – по умолчанию)
AXHang N	Время зависания речевого репитера 0 – 20 в сотнях миллисекунд (0 – по умолчанию)
Beacon <u>every</u> N after N N	Позволяет посылку флага, передается первый фрейм Посылает флаг через регулярные интервалы Однократно после пакетной пассивности 0–250 в десятках секунд (0 – по умолчанию, убирает флаг)
BBSmsgs <u>OFF</u> ON	Отображение определенных сообщений Выключено Включено
Bkondel <u>ON</u> OFF	Отображение и удаления символа на дисплее Если удален символ, то BACKSPACE, SPACE Если удален символ, то BACKSLASH, \
Btext <u>пробел</u> text	Достаточная порция данных пакета флага Данные отсутствуют Любая комбинация символов до 120 символов <i>Флаг не посылается, если Btext 0</i>
Budlist <u>OFF</u> ON	Игнорирование отображения фреймов от станции ---- из LCALLS списка ---- не из LCALLS списка
Cbell <u>OFF</u> ON	Возможность звукового сигнала Отсутствует Имеется
Check N	Время задержки соединения-рассоединения 0 – 250 в десятках секунд (12 – по умолчанию)
CLKadj N	Корректирующий фактор программы отсчета реального времени 0 – 65535 (0 – по умолчанию, коррекция не проводится) <i>Относительная тактовая частота = 100 - (9,16667/N)</i>
CMSg <u>OFF</u> ON	Возможность посылки сообщения, установленного STEXT Оператор готов к работе, но сообщение не посылается Оператор не имеет возможности вести беседу

Продолжение табл. 4.1

Установки	Описание установок и их параметров
Cmdtime N	Время перерыва прозрачного режима 0 – 250 в единицах секунд (1 – по умолчанию)
CMSGDisc <u>OFF</u> ON	Возможность прерывания связи другим TNC Невозможно Возможно
Cractime <u>OFF</u> ON	Возможность использования разрывов между пакетами в диалоге Не используются Используются
CR <u>ON</u> OFF	Символ CR возврата каретки в пакетах в диалоговом режиме Добавляется к пакетам Не добавляется к пакетам
Ctext <u>пробел</u> text	Посылка пакета в диалоговом режиме Отсутствие сообщения До 120 символов и пробелов
CANline N	Возможность вычеркивания строк в CONVERSE режиме 0 – \$7F код ASCII для символа убираемой входной строки (\$18)
CALSet N	Калибровка тональных частот TNC 0 – 65535 (87 – по умолчанию) $N = (525000/F)+1$ для модуляции, $N = (262500/F)+1$ для демодуляции
CANPac N	Изменение командного символа стирания пакета редактирования 0 – \$7F код ASCII командного символа (\$19 – по умолчанию)
COMmand N	Переход из диалогового в командный режим 0 – \$7F код ASCII для символа ввода командного режима (\$03)
CONPerm <u>OFF</u> ON	Возможность соединения текущих потоков Поток может быть подсоединен к (рассоединен от) другим станциям TNC всегда поддерживает происходящие соединения
CONOk <u>ON</u> OFF	Реакция TNC на запрос по радио на сообщение Запросы на соединение будут приняты Запросы на соединение не будут приняты
CONMode <u>CONVERS</u> TRANS	Установка режима после соединения Устанавливает диалоговый режим Устанавливает прозрачный режим
CONStamp <u>OFF</u> ON	Отметка по времени сообщений о состоянии соединения Не маркируется временными отметками Маркируется временными отметками
DAYUsa <u>ON</u> OFF	Формат представления даты дисплея TNC Стандарт США MM/DD/YY Стандарт европейский DD/MM/YY
DEAdtime N	Время ожидания приоритетного квитирования (33 – по умолчанию)

Продолжение табл. 4.1

Установки	Описание установок и их параметров
DELeTe <u>OFF</u> ON	Стирание символа Стирающим символом является BACK SPACE Стирающим символом является DELETE
DWait N	Время молчаливого ожидания 0 – 250 в десятках миллисекунд (33 – по умолчанию)
DIGipeat ON OFF	Разрешение на ретрансляцию пакетов через ваш TNC Ретранслируются, если требуется Не будет ретранслировать пакеты
Echo <u>ON</u> OFF	Повторение символов в командном или диалоговом режимах Повторяются символы, принятые от компьютера или терминала Символы не повторяются
EScape <u>OFF</u> ON	Трансляция символа ESCAPE Символ ESC выводится как ESC (\$18) Символ ESC (\$18) выводится как \$ (\$24)
Flow ON OFF	Управление вводимым потоком Осуществляется Не возможно
FRack N	Пауза между посылками повторных пакетов 1 – 15 в единицах секунд (8 – по умолчанию)
Fulldup <u>OFF</u> ON	Возможность полного дуплексного режима Не возможен Возможен
HeaderIn <u>OFF</u> ON	Формат отображения адресной информации пакетов Заголовок и текст печатаются в одной и той же строке Заголовок пакета печатается отдельной строкой
HEALed <u>OFF</u> ON	Функции светодиодов STATUS и CONNECT модема TNC управляет светодиодами CON и STA обычно TNC управляет светодиодами CON и STA хаотично
HId <u>OFF</u> ON	Разрешение TNC посылки идентификационных пакетов HDLC идентификация не возможна – – возможна (с периодом 9,5 мин)
LFadd <u>OFF</u> ON	Добавление символа LF к исходящим пакетам Не добавляется Добавляется, следя за каждым символом CR
LFignore <u>OFF</u> ON	Игнорирование символа перевода строки TNC будет реагировать на LF-функцию TNC будет игнорировать LF-функцию
LCAlls Call N	Ограничение списка слышимых пакетов Список позывных, разделенных запятыми 1 – 8
LCStream <u>ON</u> OFF	Перевод символа из регистра в регистр перед обработкой TNC переводит символ после STREAMSWITCH в верхний регистр TNC обрабатывает символы после STREAMSWITCH без изменений

Продолжение табл. 4.1

Установки	Описание установок и их параметров
Monitor <u>ON</u> OFF	Отображение пакетов, адресованных не вашему TNC Контролируются пакеты Не контролируются пакеты
MAII <u>ON</u> OFF	Тип пакетов Контролируемые пакеты соединяющие и разъединяющие Контролируемые пакеты только разъединяющие
MCon <u>ON</u> OFF	Включение режима контроля Режим контроля активен, когда TNC в соединении Режим контроля выключен, хотя TNC в соединении
MCOM <u>OFF</u> ON	Контроль соединения и разъединения при MONITOR ON Контролируются только информационные пакеты Контролируются соединяющие, разъединяющие, UA- и DM-пакеты
MFilter N	Символы, которые надо исключить из контролируемых пакетов 0 – \$7F (0 – по умолчанию) <i>До четырех символов через запятую</i>
MRpt <u>ON</u> OFF	Определяет круг отображаемых станций Отображаются станции по пути ретрансляции Отображаются только станции источников и нахождение пакетов
MSTAMP <u>OFF</u> ON	Временные отметки пакетов Контролируемые пакеты не отмечаются во времени Контролируемые пакеты отмечаются во времени
MYcall call N	Определение позывного TNC Позывной вашего TNC 0 – 15 (NOCALL 0) – вспомогательный идентификатор
MYAlias call N	Определение дополнительного позывного TNC-ретранслятора Дополнительный позывной вашего TNC 0 – 15 (пробел – по умолчанию) – вспомогательный идентификатор
MAXframe N	Определяет количество пакетов в текущий момент времени 1 – 7 (4 – по умолчанию)
Newmode <u>OFF</u> ON	Переход к режиму перемещения данных Во время соединения и возврата в командный режим нет По команде CONNECT и возврат в командный режим при рассоединении
Nomode <u>OFF</u> ON	Принцип переключения режимов (диалог, прозрачный, командный) <u>OFF</u> TNC переключает режимы в соответствии с установкой NEWMODE ON TNC переводит режимы только по определенной команде (CONV,...)
Nucr <u>OFF</u> ON	Передача символов NULL (\$00) <u>OFF</u> Не посылается к терминалу следом за символом CR ON Посылается к терминалу следом за символом CR

Продолжение табл. 4.1

Установки	Описание установок и их параметров
NULLf <u>OFF</u> ON	Передача символов NULL (\$00) Не посылается к терминалу следом за символом LR Посылается к терминалу следом за символом LR
NULLs N	Количество символов NULL после CR или LR 0 – 30 (0 – по умолчанию)
Paclen N	Максимальное количество байтов данных в пакете 0 – 255 (128 – по умолчанию) <i>Значение 0 эквивалентно 256</i>
PARity N	Контроль четности для перемещения данных терминала 0 – 3 (3 – по умолчанию) <i>1 – по нечетности, 3 – по четности, 0 и 2 – нет контроля</i>
PASs N	Выбор кода символа для прохода входной редактирующей команды 0 – \$7F (\$16 – по умолчанию)
PASSAll <u>OFF</u> ON	Реакция TNC на нарушения в пакетах, например, из-за помех, шумов TNC принимает только пакеты с ненарушенным CRC TNC принимает пакеты с нарушенными CRC-полями
PACtime AFTER EVERY N	Пакетная пауза прозрачного режима Пауза после N*10 мс после момента отсутствия входных данных Пауза через каждые N*10 мс 0 – 250 в сотнях миллисекунд (AFTER 10 - по умолчанию)
Retry N	Разрешение на повторы передачи пакетов 0 – 15 (10 – по умолчанию) количество повторов
REDisplay N	Изменение входного редактирующего символа отображения строки 0 – \$7F (\$12 – по умолчанию)
RESptime N	Минимальная задержка для посылки подтверждающего пакета 0 – 250 в сотнях миллисекунд (5 – по умолчанию)
RXblock <u>OFF</u> ON	Формат данных, посылаемых к терминалу Стандартный формат для данных TNC Формат RXBLOCK для данных абонента (случай почтового ящика)
ScreenIn N	Ширина экрана или листа терминала 0 – 255 символов (80 – по умолчанию)
SLOts N	Номер слота 0 – 127 (3 – по умолчанию)
STOp N	Выбор символа установления паузы выдачи выходных данных от TNC к терминалу 0 – \$7F (\$13 – по умолчанию) <i>Если 0, то TNC реагирует только на установки ПЗУ</i>

Окончание табл. 4.1

Установки	Описание установок и их параметров
STArt N	Выбор символа запуска выходных данных от TNC к терминалу 0 – \$7F (3 – по умолчанию)
STReamsw N	Символ для адресования нового потока (канала соединения) 0 – \$FF (\$7C – по умолчанию)
STREAMCa <u>OFF</u> ON	Возможность отображения соединенной станции после текущего ID Позывной абонента не отображен Позывной абонента отображен
STREAMDbI <u>OFF</u> ON	Отображение принятых символов STREAMSW N Не удваивает Удваивает
TRFlow <u>OFF</u> ON	Текущее управление для компьютера или терминала В прозрачном режиме не возможно Возможно в прозрачном режиме
TRles N	Текущий RETRY показатель в потоке текущих входных данных 0 – 15 (0 – по умолчанию)
TRACe <u>OFF</u> ON	Отладочная функция Отображает только информацию пакетов Пакеты отображаются полностью, включая заголовки
Txdelay N	Время паузы после включения передатчика перед посылкой данных 0 – 120 в десятках миллисекунд (33 – по умолчанию)
TXDELAYC N	Дополнительное время паузы для посылки флагов 0 – 120 в десятках миллисекунд (2 – по умолчанию)
TXFlow <u>OFF</u> ON	Текущее управления TNC в прозрачном режиме Не возможно Возможно
TXUifram <u>ON</u> OFF	Защита от передачи абонентом несвязанных посылок Все посылки передаются Запрещает несвязанные посылки, снижает нагрузку канала
Unproto Call 1 Call 2 – 9	Установка поля ретрансляции Позывной основного ретранслятора Вспомогательный список позывных ретрансляторов (через запятую)
Xflow <u>ON</u> OFF	Возможность текущего управления XON/XOFF Возможно Не возможно (только аппаратное управление)
Xmitok <u>ON</u> OFF	Работа на передачу Позволена Запрещена
Xoff N	Выбор символа остановки TNC для прекращения поступления входных данных от других TNC 0 – \$7F (\$13 – по умолчанию)
XON	Выбор символа перезапуска TNC для перезапуска входных данных от компьютера или терминала

Заключение

В рамках настоящего учебного пособия, состоящего из трех частей, невозможно было достаточно подробно изложить все аспекты, принципы построения и номенклатуру существующих телекоммуникационных систем. Поэтому авторы ограничились изложением лишь общих вопросов построения наиболее используемых и перспективных систем радиосвязи, реализующих основные тенденции развития телекоммуникаций – глобализацию и персонализацию предоставления услуг связи.

Приведенный в пособии материал свидетельствует о том, что за последние годы системы радиосвязи по существу превратились в высокоразвитые интеллектуальные пространственно-распределенные структуры массового обслуживания, использующие сетевые принципы построения, и их дальнейшее совершенствование и развитие связывают с решением ряда задач, главными среди которых являются задачи обеспечения глубокой интеграции всех видов связи и задачи надежного обеспечения необходимого трафика в условиях существенного возрастания объемов информационных потоков и числа абонентов. Решение первой группы задач неразрывно связано с необходимостью совершенствования методов частотно-территориального планирования, методов обеспечения электромагнитной совместимости, создания эффективных универсальных протоколов обмена информацией между различными системами. Решение второй группы задач в условиях существенной нестационарности и случайного характера трафика, а также ограниченности ресурса системы требует использования оптимальных методов сетевых технологий, совершенствования маршрутизаторов и других сетевых элементов и устройств.

Понятно, что решение этих, а также большинства других задач, связанных с совершенствованием и дальнейшим развитием радиосистем связи, возможно лишь на основе использования и совершенствования цифровых методов и устройств обработки информационных потоков. Вот почему цифровые системы связи уже в настоящее время не только успешно конкурируют с аналоговыми, но и начинают все больше и больше заполнять мировое информационное пространство.

Глоссарий

AMPS – Advanced Mobile Phone Service – мобильная телефонная служба

BPSK – Binary Phase Shift Keying – двоичная (бинарная) фазовая манипуляция

CDMA – Code Division Multiple Access – кодовое разделение каналов

CH – Channel – канал

DECT – Digital European Cordless Telecommunications – цифровая европейская беспроводная электросвязь

ERMES – European Radio Messaging System – европейская система радиовызова

ETSI – European Telecommunications System Institute – Европейский институт стандартов телекоммуникационных систем

FSK – Frequency Shift Keying – частотная манипуляция

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

GMSK – Gaussian Minimum Shift Keying – гауссовская манипуляция с минимальным сдвигом

GSM – Groupe Special Mobile – группа экспертов подвижной связи

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

HDLC – High Level Data Link Control Procedures – протокол цифровой связи высокого уровня

HS – HandSet – ручной телефон

ISO – International Standards Organization – международная организация стандартов

IMEI – International Mobile Equipment Identity – международный идентификатор аппаратуры мобильной связи

ISDN – Integrated Services Digital Network – цифровая сеть с интеграцией услуг

MS – Mobile Station – мобильная станция

MSK – Minimum Shift Keying – минимальная манипуляция (манипуляция с минимальным сдвигом)

NMT – Nordic Mobile Telephone – скандинавская мобильная телефонная сеть

OMC – Operation and Maintenance Center – центр эксплуатации и обслуживания

OQPSK – Offset Quadrature Phase Shift Keying – квадратурная фазовая манипуляция со смещением

PABX – Private Automatic Branch Exchange – корпоративная автоматическая телефонная станция

PACS – Public Access Communication System – система связи общего доступа

PCM – Pulse Code Modulation – импульсно-кодовая модуляция

PCS – Personal Communication Services – служба персональной связи

PHS – Personal Handyphone System – система персональной связи с портативными телефонными аппаратами

PMR – Professional Mobile Radio – профессиональные системы радиосвязи

POCSAG – Post Office Code Standardization Advisory Group – группа стандартизации средств персонального вызова

PSU – Portable Subscriber Unit – портативная абонентская станция

PTN – Paging Transmission Network – сеть персонального вызова

PTT – Push To Talk – переход на передачу речевого сообщения

QPSK – Quadrature Phase Shift Keying – квадратурная фазовая манипуляция

RFP – Radio Fixed Part – стационарная (базовая) радиоточка

RP – Radio Port – радиопорт (базовая станция)

SIM – Subscriber Identity Module – модуль идентификации абонента

SINAD – Signal In Noise And Distortion (ratio) – отношение сигнала к сумме шума и продуктов искажений

TDD – Time Division Duplex – дуплексное разделение во времени

TNC – Tone Network Controller – контроллер пакетной связи

WLL – Wireless Local Loop – беспроводный абонентский доступ

JDC – Japanese Digital Cellular – японская цифровая сеть

Библиографический список

1. P. Glanders, T. Research. DECT – A Powerful Standard with Multiple Applications // Mobile Communications International. – 1995. – № 7. – P.p. 14 – 16.
2. M. Garavell. Interworking of DECT and GSM // China GSM Seminar. – 1994. – №4. – P.p. 1 – 21.
3. J.A. Philips, B.A. Bidwell. UK Telepoint Common Air Interface // Mobile Radio and Personal Communications. Proc. Fifth International Conference. – 1989. – December. – P.p. 17 – 20.
4. F.C. Owon, C.D. Pudney. DECT – Integrated Services for Cordless Telecommunications // Mobile Radio and Personal Communications. Proc. Fifth International Conference. – 1989. – December. – P.p. 21 – 37.
5. B. Jeffrey. Trends in Cordless Telephone Design // Pan-European Mobile Communications. – 1989. – Summer. – P.p. 70 – 72.
6. B. Bidwell. Ericsson Use TDMA for Pre-DECT Telephone // Electronic Engineering. – 1990. – June. – P.p. 58 – 61.
7. M. Leonard. Communications Terminals Get Personal // Electronic Device. – 1993. – № 3. – P.p. 61, 62, 65 – 68.
8. Hamano. PHS: The Technology and Its Prospects Outside Japan // Mobile Communications International. – 1995. – November. – P.p. 54 – 56.
9. PACS Air Interface. Standard (PN 3418) // Japanese Digital Cellular. – 1995. – February. – P. 318.
10. Концепция развития в России сетей радиовызова общего пользования // Электросвязь. – 1994. – № 11. – С. 2 – 3.
11. Туляков Ю.М. Системы персонального радиовызова. – М.: Радио и связь, 1988. – 168 с.
12. Wettlanf mit dem gotterboten // Funkschau. – 1990. – № 4. – P.p. 24 – 29.
13. D. Pudney. Personal Handyphone System // Enterprises Telecommunications. – 1991. – № 7. – P.96.
14. I.Pozner. Post Office Code Standardization // Radiocommunications Magazine. – 1991. – № 22. – P. 14.
15. Y. Abbott. Radio Paging: Towards the Year DOO // Pan-European Mobile Communications. – 1989. – Summer. – P.p. 52 – 54.

16. Соколов А.В. Пейджерные системы // Электроника. – 1986. – № 19. – С. 14 – 15.
17. H. Bruner. Piepser aus der Armbaunduhr // Funkschau. – 1990. – № 4. – P. 28.
18. C. Poschenrieder. Piepser aus dem Orbit // Funkschau. – 1990. – № 16. – P.p. 32 – 33.
19. L. Covens. The Road to ERMES // Communications. – 1990. – October. – P.p. 50-58.
20. Y. Wolt. Paging - where is it going? // Mobile Europe. – 1992. – June. – P.p. 28 – 30.
21. Y. Wolt. ERMES - A New Paging Generation // Mobile Europe. – 1992. – June. – P.p. 33 – 34.
22. Шелухин О.И., Хизгилов В.А., Чивилев С.В. Системы радиодоступа / Под ред. О.И. Шелухина. – М.: ГАСБУ, 1998. – 116 с.
23. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 1997. – 238 с.
24. Лабутин Е.А. Сети пакетной связи // Радио. – 1988. – № 12. – С. 34 – 35.
25. Лабутин Е.А. Пакетная связь: протокол AX.25 // Радио. – 1989. – № 3. – С. 10 – 13.
26. Андрианов В.И., Соколов А.В. Сотовые, пейджерные и спутниковые средства связи. – СПб.: БХВ-Петербург; Арлит, 2001. – 400 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МИКРОСОТОВЫЕ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	1
1.1. СТАНДАРТЫ МИКРОСОТОВЫХ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	3
1.2. СИСТЕМЫ СТАНДАРТА СТ2/CA1	9
1.3. СИСТЕМЫ СТАНДАРТА DCT-900.....	15
1.4. СИСТЕМЫ СТАНДАРТА DECT	18
1.5. СИСТЕМА PACS.....	26
1.6. СИСТЕМЫ СТАНДАРТА PHS.....	32
2. СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОГО АБОНЕНТСКОГО ДОСТУПА	35
2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	35
2.2. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМ WLL	37
3. СИСТЕМЫ ПЕРСОНАЛЬНОГО РАДИОВЫЗОВА	43
3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ПЕРСОНАЛЬНОГО РАДИОВЫЗОВА	43
3.2. СПР РОCSAG	47
3.3. СПР ERMES.....	52
3.4. СПР FLEX ФИРМЫ MOTOROLA	57
3.5. ПЕЙДЖИНГОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	61
4. ЛИНИИ СВЯЗИ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ РАДИОСИСТЕМ.....	65
4.1. ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ СВЯЗИ	65
4.2. РАДИОЛИНИИ ПАКЕТНОЙ СВЯЗИ.....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	87
ГЛОССАРИЙ.....	88
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	90