В.Ф. Солодовник

РАДИОЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

2006

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

В.Ф. Солодовник

РАДИОЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Учебное пособие
по курсовому и дипломному проектированию

Харьков "ХАИ" 2006

УДК 621.396(075.8)

Радиолинии передачи данных / В.Ф. Солодовник. – Учеб. пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2006. – 65 с.

Приведены описания современных радиолиний передачи данных сотовых систем подвижной радиосвязи, ОВЧ и УВЧ децентрализованной связи. Рассмотрены возможности, основные технические показатели, структурные схемы, принципы действия, алгоритмы и примеры практической реализации таких радиолиний.

Для студентов и специалистов, изучающих, эксплуатирующих и разрабатывающих цифровые радиосистемы и входящие в них радиолинии передачи данных.

Ил. 31. Табл. 8. Библиогр.: 8 назв.

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

© Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
"Харьковский авиационный институт", 2006

Введение

По принципу действия и составу предоставляемых пользователям услуг классификация систем радиосвязи следующая:

– системы беспроводного абонентского доступа (СБАД);

– микросотовые системы беспроводной телефонии (МСБТ);

– системы передачи данных (СПД);

– сотовые системы подвижной радиосвязи (ССПР);

– профессиональные системы подвижной радиосвязи (ПСПР).

ССПР и ПСПР применяются для голосовой мобильной связи подвижных абонентов. В них учтены:

– расширение полос сигналов за счет доплеровского эффекта;

– текущие замирания сигналов при движении вдоль городской застройки в условиях существенной интерференции электромагнитного поля.

МСБТ и СБАД обслуживают только стационарных (или малоподвижных) абонентов.

В СПД передаются цифровые данные (текстовые, графические, мультимедийные и др.) между компьютерами или контроллерами. ССПР и ПСПР также предоставляют свои радиолинии для передачи данных, но эта услуга является дополнительной или служебной наряду с основной услугой голосовой связи.

Предметом брошюры являются доступные широкому кругу пользователей низкоскоростные (до 1 Мбит/с) радиолинии передачи данных сотовых систем стандарта GSM и выделенные пакетные ОВЧ и УВЧ радиолинии.

В существующих источниках информации практически не освещены конкретные методики реализации радиолиний передачи данных, применяемое для этого программное обеспечение и принципы работы радиомодемов. Настоящее пособие в какой-то степени компенсирует этот пробел.

1. РАДИОЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СОТОВЫХ СИСТЕМ СТАНДАРТА GSM

1.1. Радиолинии CSD систем стандарта GSM

В сотовых системах стандарта GSM в настоящее время передавать данные можно по радиоканалам CSD (или HSCSD), GPRS и EDGE.

Для передачи данных по голосовому каналу CSD (Circuit Switched Data) сети GSM абоненту выделяется один канал, а биллинг осуществляется исходя из времени соединения по тарифам, мало отличающимся от речевых.

Технология HSCSD (High Speed CSD) позволяет передавать данные на скорости до 38,4 кбит/с за счет использования одновременно до четырех голосовых каналов CSD сети GSM.

Для передачи данных по радиоканалам CSD необходимо выполнение следующих условий:

– в сотовом телефоне или терминале должен быть адаптер связи с компьютером;

– телефон или терминал должны быть подключены к COM-порту компьютера с настройками “19200-8-N-1-N” через DATA-кабель с преобразователем уровней “RS-TTL” или (если такой преобразователь в них встроен) через RS-кабель;

– управление должно осуществляться AT-командами, например, через стандартный Hyper Terminal операционной системы WINDOWS;

– оператором в пакете (карточке) и пользователем в телефоне или терминале должна быть активирована услуга “Передача, прием факсов, данных”.

Для временной последовательности AT-команд интерфейса применимы рекомендации для модемов V.25 ter. Стандарт AT – это командный язык с целевой ориентацией. Каждая команда состоит из трех элементов: префикса, основной части и символа окончания.

Префикс всегда состоит из букв “AT” за исключением

команды “A/”. Основная часть состоит из символов (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Команда	Функция
A/	Повтор последней введенной команды
ATP	Импульсный режим набора номера
ATT	Тональный режим набора номера
ATDS=номер	Набор номера
ATDPномер	Импульсный набор номера
ATDTномер	Тональный набор номера
ATDL	Набор последнего набранного номера
ATA	Ручной ответ на входящий звонок
ATH_	0 – положить трубку 1 – поднять трубку
ATI_	0 – вывод идентификационного кода (данных о телефоне) 1 – тест контрольной суммы ПЗУ 2 – тест ОЗУ 3 – вывод версии микрокода 4 – вывод текущей версии микропрограммы 5 – вывод информации о коде страны 6 – вывод информации о версии микрокода, загруженного в сигнальный процессор
ATO_	0 – переход в режим данных из командного режима 1 – переход в режим данных из командного режима с выполнением перетренировки
ATE_	0 – запрет эхо символов и сообщений в режиме выделенной линии 1 – разрешение эхо символов и сообщений в режиме выделенной линии
ATL_	0 – очень низкий уровень громкости динамика 1 – низкий уровень громкости динамика 2 – средний уровень громкости динамика 3 – высокий уровень громкости динамика
ATM_	0 – динамик выключен 1 – динамик включен до установления соединения 2 – динамик выключен всегда 3 – то же, что M1, но выключен во время набора номера

В основную часть входят названия команды и, возможно, определенные значения. Если значение не обязательно, то оно

приводится в квадратных скобках.

Стандартный символ окончания – <CR>.

Команды можно объединять в командную строку. Пробелы между отдельными основными частями игнорируются.

Выполнение команд подтверждается “OK”, “ERROR” или другими сообщениями (табл. 1.2). Обработка команд прерывается при поступлении любого другого символа. Поэтому следующая команда должна ожидать подтверждения, так как в противном случае текущая команда будет прервана.

Таблица 1.2

Ответ	Код	Тип	Значение
OK	0	Окончательный	Команда выполнена, ошибок нет
CONNECT	1	Промежуточный	Установлено соединение при параметре X=0
CONNECT[text]		Промежуточный	Установлено соединение при параметре X>0 [text], например, [9600] – в этом случае скорость передачи данных равна 9600 бит/с
RING	2	Независимый	Поступил вызывной сигнал
NO CARRIER	3	Окончательный	Соединение не установлено или прервано
ERROR	4	Окончательный	Неправильная команда или слишком длинная командная строка
NO DIAL TONE	5	Окончательный	Нет сигнала готовности к набору, установление соединения невозможно, неправильный режим работы
BUSY	6	Окончательный	Вызываемый абонент занят
NO ANSWER	7	Окончательный	Превышено ограничение по времени при установлении соединения

Сотовые телефоны со встроенными адаптерами связи телефона с компьютером выпускаются всеми фирмами-производителями. Некоторые телефоны, например Sagem RD750 (версии V.24), имеют также встроенные преобразователи уровней “RS-TTL”, и для связи с компьютером используют обычные RS-кабели. Во многих телефонах последних выпусков связь с компьютером осуществляется через ИК-порт или Bluetooth.

Фирмой Siemens выпускаются специализированные сотовые терминалы M20, TC35 и MC35, TC37 стандарта GSM 900/1800 версий V.110, V.32. Они имеют настольное исполнение, встроенный преобразователь уровней “RS-TTL”, разъем для выносной антенны, выходную мощность 1 Вт на частотах 1800 МГц и 2 Вт на частотах 900 МГц и обеспечивают непрозрачный режим передачи данных со скоростью 9600 бит/с или передачи факсов (группа 3, класс 1.2).

Сотовые терминалы M21xxx Integra стандарта GSM (рис. 1.1) производит французская фирма Wavecom. Эта фирма выпускает также бескорпусные одноплатные модули Q23xx/Q24xx (Wismo-2C2), которые могут быть встроены в радиооборудование систем передачи данных.

Рис. 1.1

Радиолиния CSD показана на рис. 1.2, где MT GSM – мобильный телефон или терминал GSM; ПУ – периферийное устройство (компьютер, контроллер, GPS-приемник с контроллером и др.).

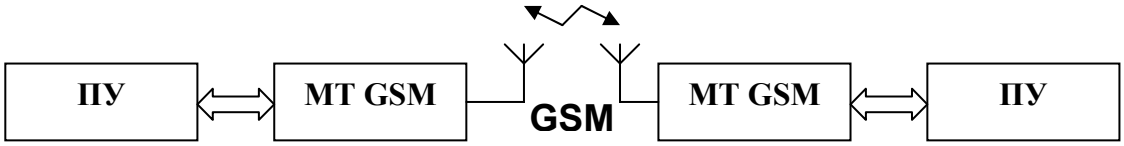

Рис. 1.2

В табл. 1.3, 1.4 приведены алгоритмы функционирования радиолинии CSD в режимах ПУ: “Мастер” и “Слейв”.

Таблица 1.3

№ п.п.	Сигналы от МТ GSM в ПУ		Команды от ПУ в МТ GSM	
	Сигнал	Содержание	Команда	Содержание
1	–	–	AT	Проверка связи ПУ с модемом МТ GSM
2	OK	Связь имеется	ATDT8050 3236866	Тоновый набор вызывного номера
3	CONNECT 9600	Соединение имеется при скорости 9600 бит/с. Модем перешел из командного режима в режим передачи данных	–	Передача или прием данных или файлов
	BUSY, или NO CARRIER, или NO DIALNONE	Вызываемое ПУ занято, или Соединение не установлено, или Соединение не возможно	Повтор п. 2	
4	NO ANSWER	Превышено ограничение времени соединения	Повтор пп. 2, 3	
	–	–	+++ (пауза)	Переход (ESC) в командный режим осуществляется тем, кто передавал данные
5	–	–	ATH	Кладет трубку тот, кто передавал данные

Таблица 1.4

№ п.п.	Сигналы от МТ GSM в ПУ		Команды от ПУ в МТ GSM	
	Сигнал	Содержание	Команда	Содержание
1	–	–	AT	Проверка связи ПУ с модемом МТ GSM
2	OK	Связь имеется	–	Ожидание
3	RING	Поступил вызывной сигнал	ATA	Принятие вызова
4	CONNECT 9600	Соединение имеется на скорости 9600 бит/с. Модем перешел из командного режима в режим передачи данных	–	Передача или прием данных или файлов
5	–	–	+++ (пауза)	Переход (ESC) в командный режим осуществляется тем, кто передавал данные
6	–	–	ATH	Кладет трубку тот, кто передавал данные

1.2. Услуга GPRS систем стандарта GSM

Для высокоскоростной передачи данных посредством существующих GSM-сетей была разработана GPRS (General Packet Radio Service) – услуга пакетной передачи данных по радиоканалу. Необходимо отметить, что кроме повышения скорости (максимум составляет 171,2 кбит/с) она предполагает иную схему оплаты услуги передачи данных – при использовании GPRS расчеты производятся пропорционально объему переданной информации, а не времени сеанса передачи данных. В GPRS "пакеты" данных передаются одновременно по многим каналам в паузах между передачей речи так, что скорость передачи информации определяется не только возможностями сетевого и абонентского оборудования, но и загрузкой сети. При этом голосовой трафик имеет приоритет перед данными. В GPRS ни один канал не занимается под передачу данных полностью, это основное качественное отличие данной технологии от используемых ранее.

Первоначально услуги на основе GPRS предоставлялись на ограниченной территории действия сотовой связи. В дальнейшем зона, где возможно использование технологии GPRS, растет, и в ближайшем будущем услуги GPRS будут предоставляться на всей территории действия сети сотовой связи. Планируется также увеличение скорости приема и передачи информации за счет улучшения характеристик мобильных терминалов и инфраструктуры GPRS.

Следующим шагом на пути развития сетей пакетной передачи данных является внедрение технологии EDGE, которая позволит достичь скорости передачи информации до 385 кбит/с, при этом базой для развертывания технологии EDGE частично служит система GPRS. Таким образом, плавно осуществлен переход от систем с коммутацией каналов к системам пакетной передачи данных, которые найдут свою конечную реализацию в системах передачи информации третьего поколения. При этом для абонента станет возможной скорость передачи до 2 Мбит/с.

Доработку GSM-сети для предоставления услуг высокоскоростной передачи данных GPRS можно условно разделить на две формы – программную и аппаратную. Программное обеспечение нуждается в замене или обновлении практически полностью, начиная с реестров HLR-VLR и заканчивая базовыми станциями BTS. В частности, вводится режим многопользовательского доступа к временным кадрам каналов GSM, а в HLR, например, появляется новый параметр Mobile Station Multislot Capability (количество каналов, с которыми одновременно может работать мобильный телефон абонента).

Ядро системы GPRS (GPRS Core Network) (рис. 1.3) состоит из двух основных блоков: SGSN (Serving GPRS Support Node) – узел поддержки GPRS и GGPRS (Gateway GPRS Support Node) – шлюзовый узел GPRS. Опишем их функции более подробно.

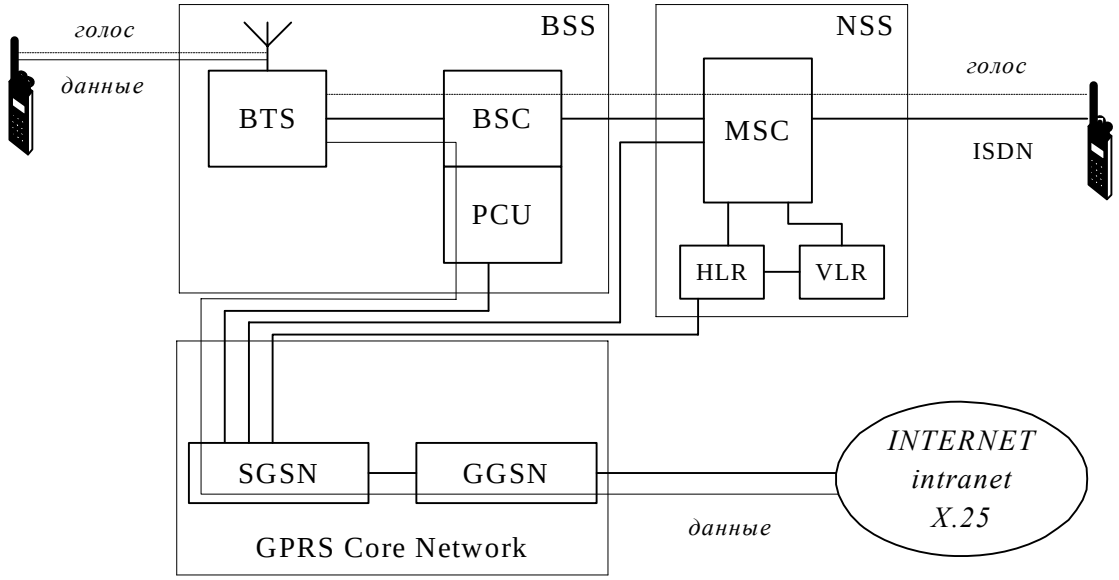

Рис. 1.3

SGSN является “мозгом” рассматриваемой системы. В некотором роде SGSN можно назвать аналогом MSC – коммутатора сети GSM. SGSN контролирует доставку пакетов данных пользователям, взаимодействует с реестром собственных абонентов сети HLR, проверяя, разрешены ли запрашиваемые пользователями услуги, ведет мониторинг пользователей, организует регистрацию

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

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

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

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

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

Прежде чем приступить к работе с GPRS, мобильная станция, как и в обычном случае передачи голоса, должна зарегистрироваться в системе. Как уже было сказано, регистрацией (а точнее, "прикреплением" к сети) пользователей занимается SGSN. В случае

успешного прохождения всех процедур (проверки доступности запрашиваемой услуги и копирования необходимых данных о пользователе из HLR в SGSN) абоненту выдается P-TMSI (Packet Temporary Mobile Subscriber Identity) – временный номер мобильного абонента для пакетной передачи данных, аналогичный TMSI, который назначается мобильному телефону для передачи голоса (если абонентский терминал относится к классу A, то ему при регистрации выделяется как TMSI, так и P-TMSI).

Для быстрой маршрутизации информации к мобильному абоненту GPRS-система нуждается в данных о его месторасположении относительно сети, причем с большей точностью, нежели в случае передачи голосового трафика (HLR и VLR хранят номер соты, в которой находится абонент). Служебный трафик в сотовой сети и расход энергии мобильным аппаратом возрастут, если телефон будет информировать систему каждый раз при переходе от одной соты к другой. Для нахождения разумного компромисса между объемом сигнального трафика в сети GPRS и высокой точностью определения местонахождения абонента принято деление терминалов на три класса:

– IDLE (неработающий) – телефон отключен или находится вне зоны действия сети и система не отслеживает перемещение таких абонентов;

– STANDBY (режим ожидания) – аппарат зарегистрирован (прикреплен) в GPRS-системе, но уже долгое время (определяемое специальным таймером) не работает с передачей данных; местоположение STANDBY-абонентов известно с точностью до RA (Routing Area – область маршрутизации); RA мельче, чем LA (каждая LA разбивается на несколько RA, но, тем не менее, RA крупнее, чем сота, и состоит из нескольких элементарных ячеек);

– READY (готовность) – абонентский терминал зарегистрирован в системе и находится в активной работе; координаты телефонов, находящихся в режиме READY, известны системе с точностью до соты.

Согласно этой идеологии терминалы, находящиеся в STANDBY-

режиме, при переходе из одного RA в другой посылают SGSN специальный сигнал о смене области маршрутизации. Если новая и старая RA контролируется одним SGSN, то смена RA приводит лишь к корректировке записи в SGSN. Если же абонент переходит в зону действия нового SGSN, то новый SGSN запрашивает у старого информацию о пользователе, а MSC, VLR, HLR и вовлеченные в работу GGSN ставятся в известность о смене SGSN. Когда телефон, работающий с GPRS-системой, перемещается в другую LA, то SGSN отправляет соответствующему VLR сообщение о необходимости смены записи о местонахождении абонента.

Возможны два сценария маршрутизации данных в случае роуминга GPRS-абонента. SGSN в обоих случаях используется как гостевой оператор (VSGSN – Visited SGSN), а GGSN может использоваться либо как гостевой, либо как домашний (HGGSN – Home GGSN) оператор. В последнем случае между домашним и гостевым операторами должна существовать GPRS-магистраль (InterPLMN GPRS BackBone) – GPRS-линия между разными мобильными сетями для передачи трафика между HGGSN и мобильным абонентом. Кроме того, появляется необходимость в BG (Border Gateway) – граничном шлюзе с обеих сторон в целях обеспечения защиты сетей от атак извне.

Видеоконференция в режиме реального времени и отправка сообщения электронной почты предъявляют разные требования, например, к задержкам на пути пакетов данных. Поэтому в GPRS существует несколько классов качества сервиса QoS (Quality of Service), подразделяющихся по следующим признакам:

– необходимый приоритет (существует высокий, средний и низкий приоритеты данных);

– надежность (разделение на три класса по количеству возможных ошибок разного рода, потерянных пакетов и т.п.);

– задержки (задержки информации вне GPRS-сети в расчет не принимаются);

– количественные характеристики (пиковое и среднее значения скорости).

Класс QoS выбирается индивидуально для каждой новой сессии передачи данных.

Кроме QoS в характеристику сессии передачи данных входит тип протокола (PDP type – Packet Data Protocol type); PDP-адрес, выданный мобильной станции (выдача адресов бывает как статической, так и динамической); а также адрес GGSN, с которым идет работа. "Профиль" сессии (в англоязычной литературе принято обозначение "PDP context") записывается в телефон, а также в обслуживающие его SGSN и GGSN. Одновременно может поддерживаться несколько профилей передачи данных для каждого пользователя.

Пакетная передача данных предусматривает два режима "соединений":

– PTP (Point-To-Point – точка-точка);

– PTM (Point-To-Multipoint – точка-многоточие).

Широковещательный режим PTM в свою очередь подразделяется на два класса:

– PTM-M (PTM-Multicast) – передача необходимой информации всем пользователям, находящимся в определенной географической зоне;

– PTM-G (PTM-Group Call) – данные направляются определенной группе пользователей.

В стандарте GSM принят многостанционный доступ с временным разделением каналов (TDMA). Периодическая последовательность в структуре TDMA получила название гиперкадра. Он делится на 2048 суперкадров. В свою очередь суперкадр состоит из мультикадров, которые состоят собственно из кадров. TDMA-кадр делится на восемь временных позиций, так называемых тайм-слотов, или окон. Тайм-слот – это время, в течение которого несущая частота модулируется цифровым информационным потоком, соответствующим передаваемой информации – речи или данным.

В классическом GSM мобильный терминал имеет право занять в TDMA-кадре один тайм-слот. Поэтому скорость передачи данных в сетях GSM ограничена.

Иначе обстоит дело при использовании технологии GPRS. Емкость канала предоставляется по требованию, при котором физические каналы в каждой соте назначаются динамически для использования в режиме коммутации каналов и коммутации пакетов.

При этом в зависимости от ситуации для передачи данных базовая станция выделяет мобильному терминалу в кадре произвольное число тайм-слотов – от 0 до 8. Причем допустимо асимметричное назначение ресурсов, т.е. во время пакетной передачи ресурсы линии связи «вверх» и «вниз» задаются независимо, например: «вверх» – три тайм-слота, «вниз» – два.

Любой канал связи работает в неидеальных условиях, поэтому в GSM используют избыточное кодирование. Более того, в технологии GPRS возможны четыре схемы кодирования данных: от CS1 (для работы в условиях сильных помех) до CS4 (для работы при минимальных помехах). Таким образом, при постоянной скорости в канале 22,8 кбит/с количество передаваемой полезной информации зависит от условий работы МТ и базовой станции. Чем хуже помеховая обстановка, тем меньше полезной информации можно передать в единицу времени.

Для линии связи «вверх» используется более одного канала передачи данных, поэтому мобильные телефоны с GPRS обеспечивают большие скорости передачи данных, в связи с чем имеются несколько следующих типов телефонов:

– тип 2+1 с двумя каналами «вверх» и одним каналом «вниз»;
– тип 3+1 с тремя каналами «вверх» и одним каналом «вниз»;
– тип 4+1 с четырьмя каналами «вверх» и одним каналом «вниз» и т.д.

Мобильные телефоны с GPRS по возможности одновременных голосовой связи и передачи данных могут классифицироваться по трем классам.

Класс A – терминалы позволяют одновременно осуществлять голосовую связь и передачу данных в режиме GPRS, одновременно выполняя сигнализацию и управление для GSM и GPRS.

Класс B – терминалы поддерживают и голосовое соединение, и

передачу данных в пакетном режиме (GPRS), но эти режимы используются не одновременно (во время передачи данных через GPRS абонент не может совершать и принимать голосовые звонки, и наоборот). В каждый момент времени может передаваться только трафик GSM или GPRS. Если во время загрузки информации из Интернета (режим GPRS) телефон принимает вызов для голосовой связи, то передача данных прерывается. Как только голосовое соединение завершается, загрузка данных возобновляется, поскольку логическая связь между сетью GPRS и телефоном сохраняется. Выбор режима GPRS или голосовой связи осуществляется автоматически с приоритетом последнего.

Класс C – терминал обеспечивает или передачу данных в пакетном режиме, или голосовую связь. Выбор режима GPRS или голосовой связи выполняется вручную.

Скорость приёма и передачи информации зависит от возможностей конкретной модели мобильного терминала, а именно от количества каналов, поддерживающих приём и передачу данных. При этом один канал поддерживает передачу информации с максимальной скоростью 13,4 кбит/с.

В настоящее время основные ограничения накладывают абонентские терминалы. Скорость приема и передачи информации, которую может обеспечить мобильный терминал, зависит от количества каналов, поддерживаемых терминалом на прием и передачу. Один канал поддерживает передачу информации с максимальной скоростью 13,4 кбит/с. Таким образом, количество каналов, поддерживаемых конкретной моделью терминала, будет определять максимальные возможные скорости, на которых возможна передача и прием информации.

Абонентские терминалы GPRS, выпускаемые в настоящее время, поддерживают от двух до четырех каналов для приема информации и до двух каналов для передачи, что позволяет получить максимальную скорость приема до 53,6 кбит/с и передачи до 26,8 кбит/с. Ожидается появление моделей GPRS-терминалов, поддерживающих до семи каналов.

Перспектива появления новых аппаратов с поддержкой большого количества каналов, работающих на максимально возможных скоростях передачи данных, вызывает определенное беспокойство у некоторых специалистов. Дело в том, что устройства GPRS при работе на высоких скоростях могут выходить за рамки максимально допустимого уровня радиоизлучения. Например, канал GPRS, работающий со скоростью 30…40 кбит/с, излучает максимум 0,75 Вт. Средний уровень мощности излучения еще ниже, поскольку передатчик работает только тогда, когда передаются данные, а в остальное время он выключен. При передаче файла из телефона в базовую станцию передатчик работает постоянно, а при передаче текстовых сообщений или во время веб-браузинга он включается редко, что снижает мощность излучения до нескольких милливатт.

Перед тем как настроить мобильный телефон для подключения к сети Интернет через GPRS убедитесь, что используемый мобильный телефон поддерживает данную услугу, зарегистрированную у оператора. Методика подготовки к пакетной связи следующая.

1. Подключить мобильный телефон с помощью Data-кабеля к одному из COM-портов или к инфракрасному (IrDA) порту компьютера, которые должны быть на мобильном телефоне и персональном компьютере.

2. Настроить адаптер связи телефона и компьютера, с помощью которого будет осуществляться соединение. Для этого необходимо воспользоваться программой "Установка оборудования", находящейся в папке "Панель управления". Затем нужно выбрать тип оборудования (“модем”) и установить его драйвер. Драйверы находятся на компакт-диске, который обычно входит в комплект мобильного телефона, или расположены в базе данных сети Интернет. Во время установки драйвера нужно указать соответствующий способ подключения через последовательный (COM) или инфракрасный (IrDA) порт.

3. После установки необходимо в свойствах “модема” прописать строку его инициализации.

4. Затем нужно создать новое удаленное соединение с

произвольным названием. В процессе создания не забудьте выбрать “модем”, который будете использовать при работе через это соединение. На этом шаге указывается номер набора *99# или *99***1#.

5. В свойствах нового соединения нужно убрать галочку рядом со строкой "Использовать код страны и параметры связи". После этого новое соединение будет готово к работе.

С большинством мобильных телефонов с поддержкой GPRS поставляется программное обеспечение, которое значительно упрощает процедуру установки необходимых драйверов и настройки необходимых компонентов системы.

2. РАДИОЛИНИИ ПАКЕТНОЙ СВЯЗИ ПРОТОКОЛА AX25

2.1. Радиолинии с интеллектуальными радиомодемами

Протокол AX25 представляет собой переработанную для радиосетей версию протокола X25 кабельных коммутационных сетей. Он реализует множественный доступ с временным разделением и контролем занятости канала связи, за счет чего возможна асинхронная работа пакетных станций [2, 3].

Структура станции (рис. 2.1) пакетной связи, работающей в соответствии с протоколом AX25, включает в себя компьютер, радиомодем TNC, приемопередатчик и антенно-фидерное устройство А.

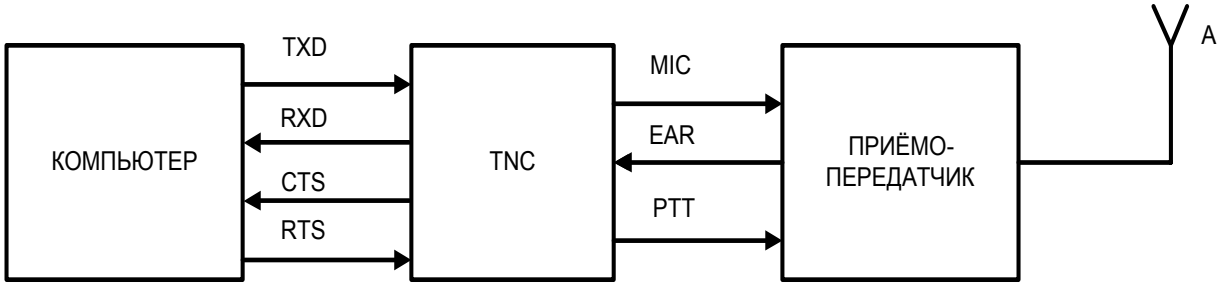

Рис. 2.1

При работе на станции пакетной связи оператор набирает

информацию на клавиатуре, а получает ответы в виде символов на экране монитора. Данные могут передаваться от внешних устройств, например датчиков, в автоматическом режиме с программным управлением.

Компьютер посылает по последовательному каналу соответствующий каждой клавише клавиатуры код. Вид передаваемого байта показан на рис. 2.2. Некоторые параметры, которые характеризуют передаваемый байт, установленные в TNC и компьютере, должны совпадать: длина информационного слова 7 или 8 бит, наличие проверки на четность или нечетность, один, полтора или два стоповых бита, скорость обмена до 9600 бит/с.

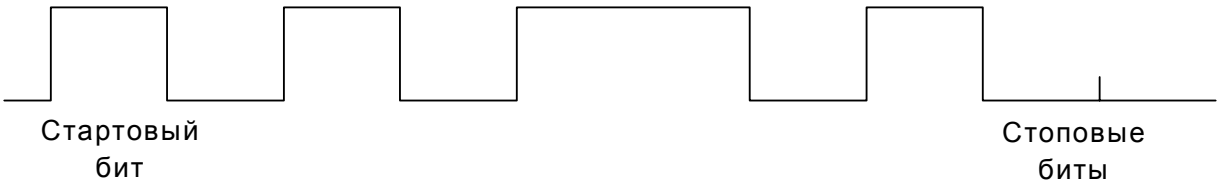

Рис. 2.2

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 командой или информацией, предназначенной для отправления по радиоканалу. В первом случае команда декодируется и исполняется, во втором – формируется кадр в соответствии с протоколом AX25 и переводится из стандартного кода

в код NRZ (None Return to Zeroinverted). 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. 2.3.

TNC осуществляет модуляцию NRZ кодом FSK-сигнала, в котором единице соответствует частота F1, а нулю – частота F2. Радиостанция включается на передачу, а FFSK сигнал поступает на микрофонный вход передатчика.

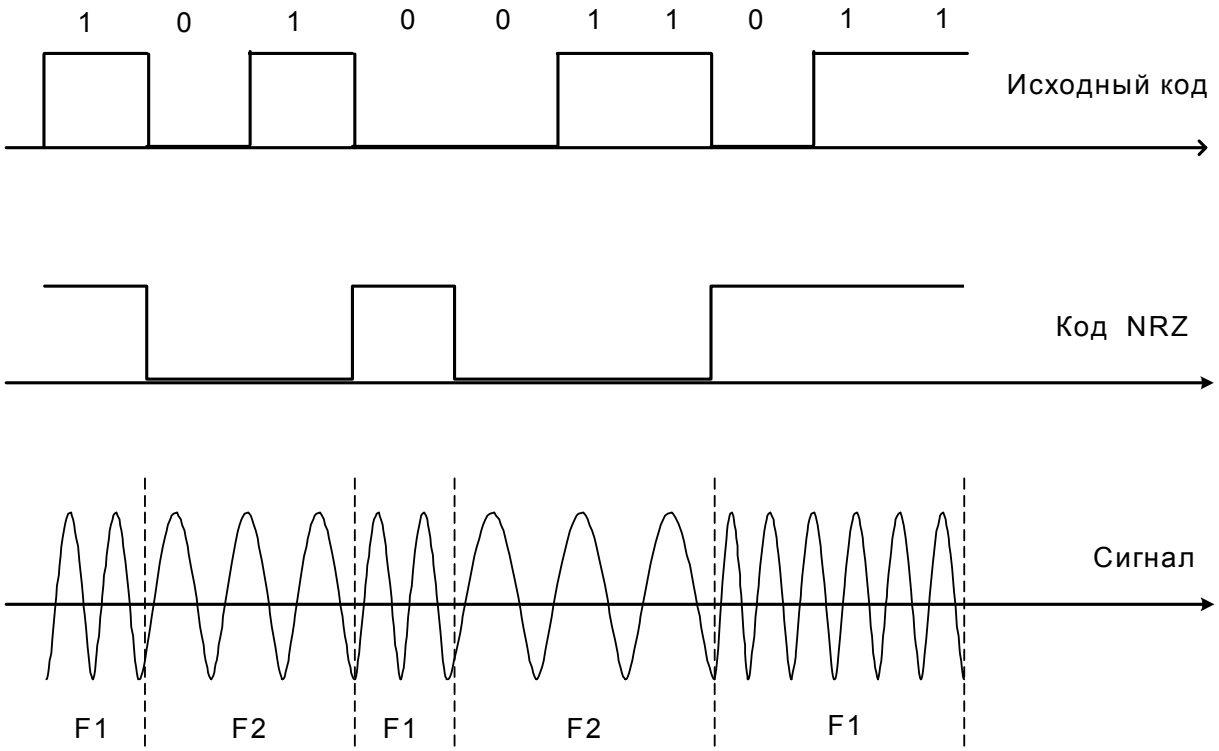

Рис. 2.3

При приеме сигнала TNC производит обратный процесс – из FSK-сигнала выделяет огибающую, которая представляет собой кадр в виде кода NRZ. Этот кадр преобразуется в кадр исходного кода.

Протокол AX25 передачи данных обеспечивает помехоустойчивое кодирование и полную достоверность передаваемой информации за счет того, что 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.

При фазовой модуляции работают на скорости передачи 1200 бит/с при разносе частот 1000 Гц. При этом нулю соответствует 1200 Гц, а единице – 2200 Гц.

При пакетной связи сообщения передаются кадрами. 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. Каждый кадр (рис. 2.4) начинается с флаговой последовательности бит, которая позволяет распознать начало кадра. Далее идут адресное поле размером 14…70 байт, управляющее – 1 байт, информационное – 0…256 байт, контрольное – 2 байта. Заканчивается кадр также флагом.

Флаг	Адрес	Управляю-щее поле	Информаци-онное поле	Контрольная сумма	Флаг
01111110	14…70 байт	1 байт	N байт	2 байта	01111110

Рис. 2.4

Флаговое поле представляет собой 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 может содержать от двух до девяти 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 в позывном менее шести символов, то он дополняется соответствующим количеством пробелов.

Управляющее поле содержит информацию 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; ненумерованные 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 передаваться подряд 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 котором размещается информация объемом 256 байт, представленная в кодах и отображаемая на экране дисплея компьютера при приеме корреспондентами.

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

Контрольное поле служит для проверки правильности

радиообмена. Оно представляет собой шестнадцатиразрядное число, которое подсчитывается в соответствии с алгоритмом HDLC (Hiqht Data Link Control).

TNC отправителя просчитывает контрольную сумму по всему кадру и помещает ее в конец кадра. На приемной стороне 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.

В радиомодемах микросхемы ПЗУ прошиты набором установок протокола AX25, основные из которых приведены в табл. 2.1.

На рис. 2.5 приведена структурная схема радиомодема TNC-2 со следующими сокращениями: КГ – кварцевый генератор; ДЧ1-4 – делители частоты; ЦП – центральный процессор; ПЗУ – перепрограммируемое запоминающее устройство; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; УВВ – устройства ввода-вывода; БАП – блок асинхронного порта; БЧЗ – блок чтения-записи; СИ – светодиодные индикаторы; ЭК1-3 – электронные ключи; Д(К)NRZI – декодер (кодер) кода NRZI (инверсного относительно кода NRZ); ФИ – формирователь импульсов; ФД – фазовый детектор; ГУН1, 2 – генераторы, управляемые напряжением; Д – детектор; ПФ1, 2 – полосовые фильтры; ФНЧ1, 2 – фильтры нижних частот; ЦАП – цифроаналоговый преобразователь.

Таблица 2.1

Установки	Описание установок и их параметров
Ax25l2v2	Версии протокола AX25 LEVEL2
ON	TNC использует версию 2.0
OFF	TNC использует версию 1.0
AWlen	Количество разрядов данных в слове
N	7 или 8 (8 – по умолчанию)
Beacon	Позволяет передачу первого фрейма посылки Btext
every N	Посылает посылку Btext через регулярные интервалы
after N	Посылает Btext однократно после пакетной пассивности
N	0…250 в десятках секунд (0 – по умолчанию, нет посылки)
BText	Данные пакета для Beacon
пробел	Данные отсутствуют
text	Любая комбинация до 120 символов
	Пакет не посылается, если Btext 0
CALibra	Выдача в линию MIC частот FSK
CHeck	Время задержки проверки соединения при пассивности
N	0…250 в десятках секунд (12 – по умолчанию)
CMdtime	Время “ворот” для команды перехода в командный режим
N	0…250 в единицах секунд (1 – по умолчанию)
COMmand	Команда перехода в командный режим
N	0…$7F код ASCII для символа ввода командного режима ($03 – по умолчанию)
Connect	Команда на соединение
call	Позывной TNC, с которым Вы желаете соединения
CONMode	Установка режима после соединения
CONVERS	Устанавливает диалоговый режим
TRANS	Устанавливает прозрачный режим
CText	Посылка пакета в диалоговом режиме
пробел	Отсутствие сообщения
text	До 120 символов и пробелов
DWait	Время ожидания окончания ретрансляции
N	0…250 в десятках миллисекунд (33 – по умолчанию)
DIGipeat	Разрешение на ретрансляцию пакетов через Ваш TNC
ON	Ретранслируются
OFF	Не будет ретранслировать пакеты
Disconnect	Команда на рассоединение
DISPlay	Выдача на монитор списка используемых установок
Echo	Повторение символов
ON	Повторяются символы, принятые от компьютера или терминала
OFF	Символы не повторяются
FRack	Пауза между посылками повторных пакетов
N	1…15 в единицах секунд (8 – по умолчанию)
HEALled	Функции светодиодов STATUS и CONNECT модема
OFF	TNC управляет светодиодами CON и STA обычно
ON	TNC проверяет работу светодиодов CON и STA

Окончание табл. 2.1

Установки	Описание установок и их параметров
Monitor	Отображение пакетов, адресованных не Вашему TNC
ON	Отображаются пакеты
OFF	Не отображаются пакеты
MCon	Включение режима контроля
ON	Режим контроля активен, когда TNC в соединении
OFF	Режим контроля выключен, хотя TNC в соединении
MCOM	Контроль соединения и разъединения при MONITOR ON
OFF	Контролируются только информационные пакеты
ON	Контролируются соединяющие, разъединяющие, UA- и DM-пакеты
MYcall	Определение позывного TNC
call	Позывной Вашего TNC
N	0…15 (NOCALL 0) – вспомогательный идентификатор
MYAlias	Определение позывного TNC-ретранслятора
call	Дополнительный позывной Вашего TNC
N	0…15 (пробел – по умолчанию) – вспомогательный идентификатор
MAXframe	Определяет максимальное количество фреймов
N	1…7 (4 – по умолчанию)
NEwmode	Переход к режиму передачи данных
OFF	Во время соединения выхода из командного режима нет
ON	По команде CONNECT выход из командного режима и возврат в командный режим при рассоединении
NOmode	Принцип переключения режимов (диалог, прозрачный, командный)
OFF	TNC переключает режимы в соответствии с NEWMODE
ON	TNC переводит режимы по команде (CONV,...)
Paclen	Максимальное количество байтов данных в пакете
N	0…255 (128 – по умолчанию)
	Значение 0 эквивалентно 256
PARity	Контроль четности данных терминала
N	0…3 (3 – по умолчанию)
	1 – по нечетности, 3 – по четности, 0 и 2 – нет контроля
RESET	Команда на перезагрузку модема со сбросом ОЗУ
RESTART	Команда на перезагрузку модема без сброса ОЗУ
RETry	Разрешение на повторы передачи пакетов
N	0…15 (10 – по умолчанию) количество повторов
TXDelay	Время паузы после включения передатчика перед посылкой данных
N	0…120 в десятках миллисекунд (33 – по умолчанию)
Unproto	Установка поля ретрансляции
Call 1	Позывной основного ретранслятора
Call 2 – 9	Список других позывных ретрансляторов (через запятую)

Примечание. 1. Прописные буквы в установках показывают короткий вариант написания этих установок, который действует так же, как и полное написание установок.

2. Подчеркнуты установки и значения по умолчанию.

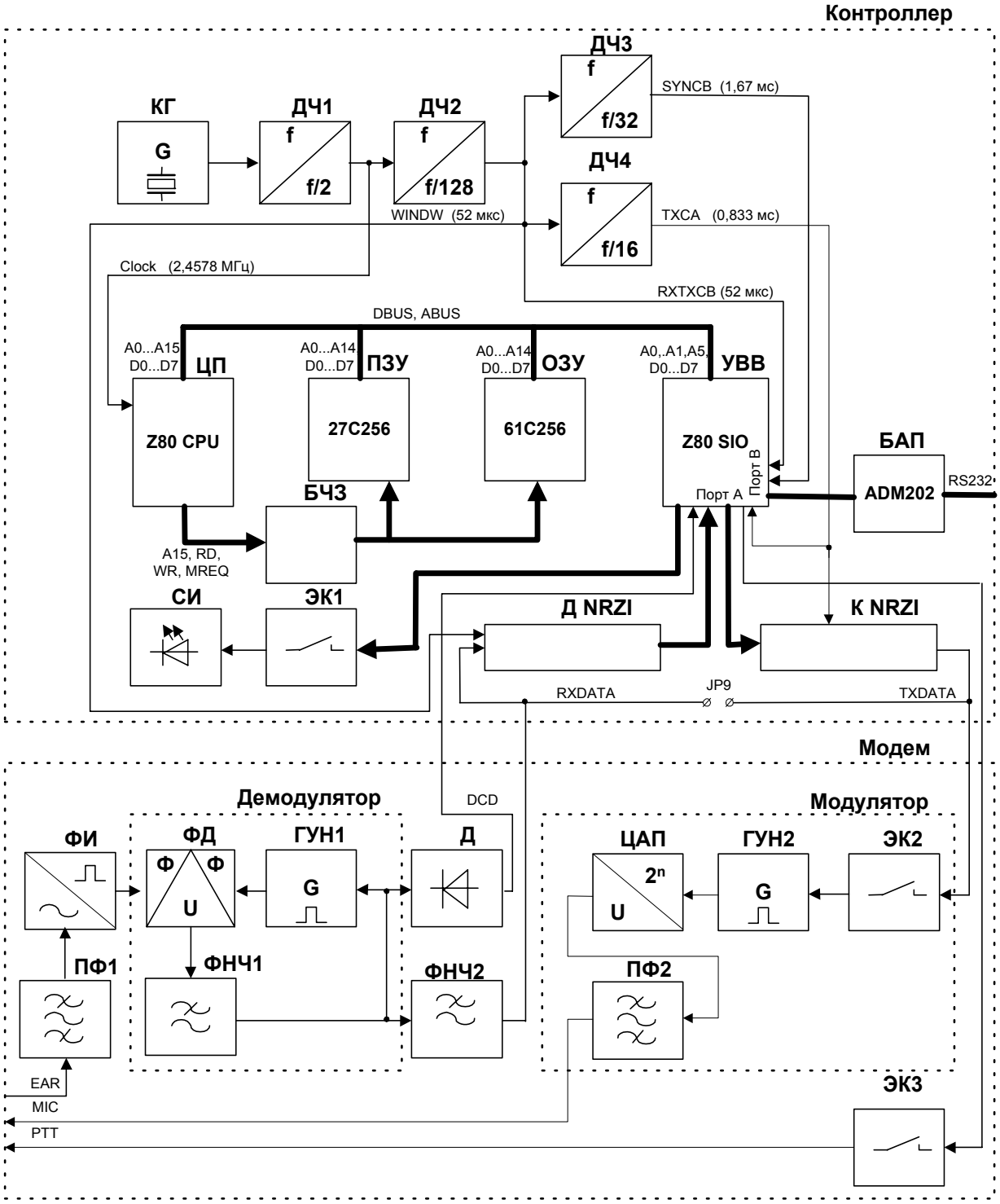

Рис. 2.5

Радиомодем TNC-2 содержит аналоговый блок модема (модулятора и демодулятора) и цифровой блок контроллера. Контроллер управляет работой модема и обеспечивает связь компьютера по интерфейсу RS232 с радиомодемом. Радиостанция

соединена с TNC-2 через радиоинтерфейс: EAR – аудиовыход приемника, MIC – аудиовход передатчика и PTT – вход радиостанции для ее переключения приема на передачу.

Демодулятор сигнала FSK, поступающего на вход модема EAR от приемника, выполнен на кольце фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), содержащем ФД, ГУН1 и ФНЧ1. На выходе ФНЧ2 выделяется код NRZI. При наличии этого кода на выходе Д формируется логическая “1” сигнала DCD. После декодирования в блоке ДNRZI информация через УВВ поступает в память ЦП, а затем через УВВ и БАП – в компьютер.

По пути из компьютера в радиоинтерфейс информация претерпевает соответствующие преобразования в блоках: БАП, УВВ, ОЗУ, УВВ, КNRZI, модулятор, линия MIC. При этом ЭК3 по линии PTT переключает радиостанцию в режим передачи.

Работу ЦП в контроллере радиомодема обеспечивают ПЗУ и ОЗУ, чтение и запись информации которых осуществляет БЧ3. Кроме этого ЦП, УВВ, ДNRZI и КNRZI засинхронизированы узлами КГ и ДЧ1-4, формирующими синхросигналы указанных на схеме частот или периодов.

Работу TNC-2 контролируют СИ, управляемые ЭК1. В частности, при его включении происходит самотестирование, о чем свидетельствует поочередное свечение СИ.

Кроме описанного радиомодема TNC-2 для реализации пакетной связи могут быть использованы модемы SPIRIT-2 фирмы PacCom, RFL1200 фирмы RFLink, TNC-2W-4800 фирмы EchoLink и др.

Контроллер пакетной радиосвязи TNC2W-4800 (рис. 2.6) совместно с VHF/UHF радиостанцией предназначен для передачи данных (дуплекс и симплекс) в протоколе пакетной радиосвязи AX.25 при скоростях 1200, 2400 и 4800 бит/с с частотной манипуляцией FFSK в режимах терминальной станции, ретранслятора (Digi), узла (Node) и почтового ящика (PMS). Совместно с персональным компьютером этот контроллер выполняет функции TCP/IP пакетного почтового сервера для радиосети Интернет, а также может использоваться для передачи телеметрической информации.

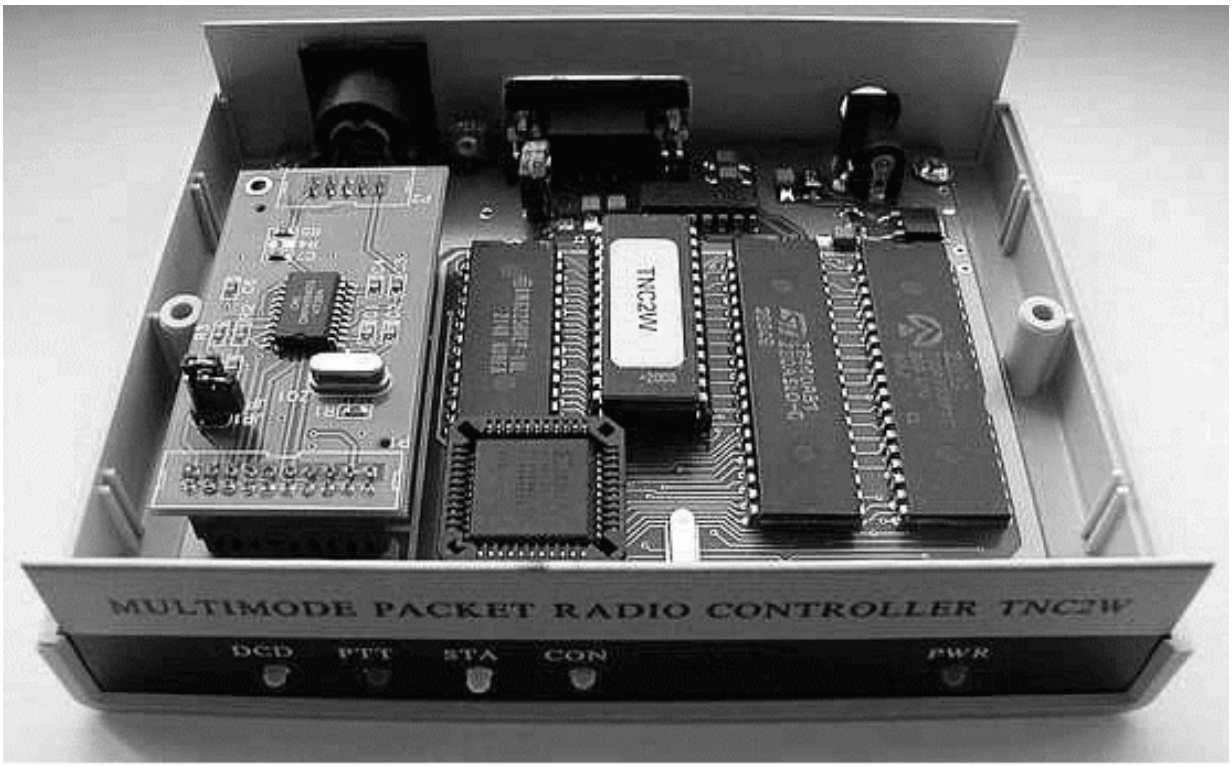

Рис. 2.6

В корпусе контроллера установлена двухсторонняя печатная плата размером 117 х 100 мм. На основную печатную плату контроллера с помощью разъемов IDC устанавливается плата модема FFSK. Монтаж всех плат выполнен с применением импортных компонентов (фирм Zilog, Xilinx, CML, Maxim, Philips) и использованием технологии поверхностного монтажа (SMD). На печатных платах установлены все элементы, включая светодиоды индикации, разъемы подключения персонального компьютера, радиостанции и блока питания.

Основные технические показатели контроллера TNC2W-4800 приведены в табл. 2.2.

В контроллере пакетной радиосвязи TNC2W-4800 установлена плата модема FFSK (рис. 2.7), обеспечивающего работу при скоростях передачи данных 1200/2400/4800 бит/с. Модем выполнен на микросхеме CMX469 компании CML и обеспечивает дуплексный и полудуплексный режимы работы.

Таблица 2.2

Наименование показателя	Содержание показателя
Тип контроллера	TNC2 совместимый
Режим	Дуплекс/полудуплекс (задаётся программно)
Скорость приёма-передачи по радиоканалу с внутренним модемом	1200, 2400 и 4800 бит/с (задается переключателями JP1 и JP2 на плате модема FFSK)
Скорость обмена с PC по RS232	9600 бит/с
Тип модуляции	Частотная манипуляция FFSK
Протокол обмена	AX.25
Программное обеспечение (в ПЗУ)	TAPR и PacComm совместимое, TheNet, DED, KISS
Персональный почтовый ящик (PMS)	15600 байт
Энергонезависимое ОЗУ	32 кбайт (внутренний аккумулятор или ионистор)
Светодиодные индикаторы	PWR (включение); CON (соединение); STA (статус); PTT (передача); DCD (несущая)
Напряжение питания	+ 9…12 В
Ток потребления	0,20 А
Тип корпуса	Стандартный, G738 фирмы Gainta Industries Ltd (Тайвань)
Срок гарантии	12 месяцев
Габаритные размеры и масса	140 x 110 x 35 мм

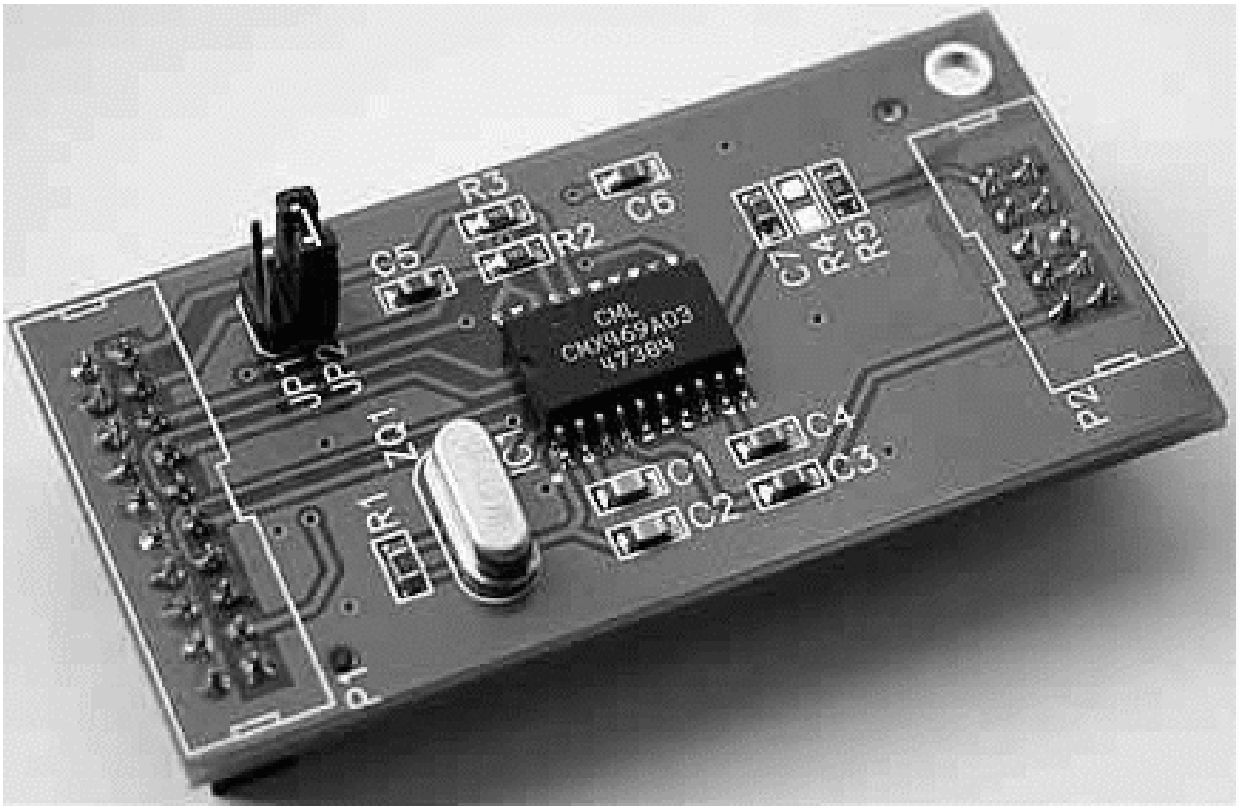

Рис. 2.7

Скорость в радиоканале определяется перемычками JP1 и JP2 на плате модема:

- 1200 бит/с: JP1 есть, JP2 нет;
- 2400 бит/с: JP1 есть, JP2 есть;
- 4800 бит/с: JP1 нет, JP2 есть.

Входное напряжение на модем с VHF/UHF радиостанции должно быть в пределах 250 мВ (на печатной плате предусмотрен аттенюатор – резистор R4).

Выходное напряжение на модулятор радиостанции имеет уровень до 700 мВ (регулируется подстроечным резистором на основной плате контроллера)

Частоты манипуляции для соответствующих скоростей составляют:

- 1200 бит/с: 1200 и 1800 Гц;
- 2400 бит/с: 1200 и 2400 Гц;
- 4800 бит/с: 2400 и 4800 Гц.

Двухсторонняя печатная плата модема FFSK имеет размеры 65 х 33 мм.

Для связи компьютера с радиомодемом может быть использовано любое терминальное программное обеспечение, в том числе стандартный Hyper Terminal операционной системы WINDOWS.

Стоимость интеллектуальных радиомодемов составляет от 200 до 800 у.е., стоимость профессиональных радиостанций – от 300 до 600 у.е. Антенно-фидерное оборудование, входящее в состав пакетной станции, имеет стоимость в пределах от 20 до 200 у.е. (без учета антенных мачт).

2.2. Радиолинии с модемами BayCom

Модемы BayCom отличаются простотой схем и малой стоимостью.

На рис. 2.8 показана схема самого простого модема BayCom без модуляции. Он представляет собой преобразователь уровня

сигналов RS-порта в TTL-уровни сигналов разъема сотового телефона, а при вводе в его схему простых резистивных делителей – в уровни сигналов гарнитуры (микрофона и телефона) любой радиостанции.

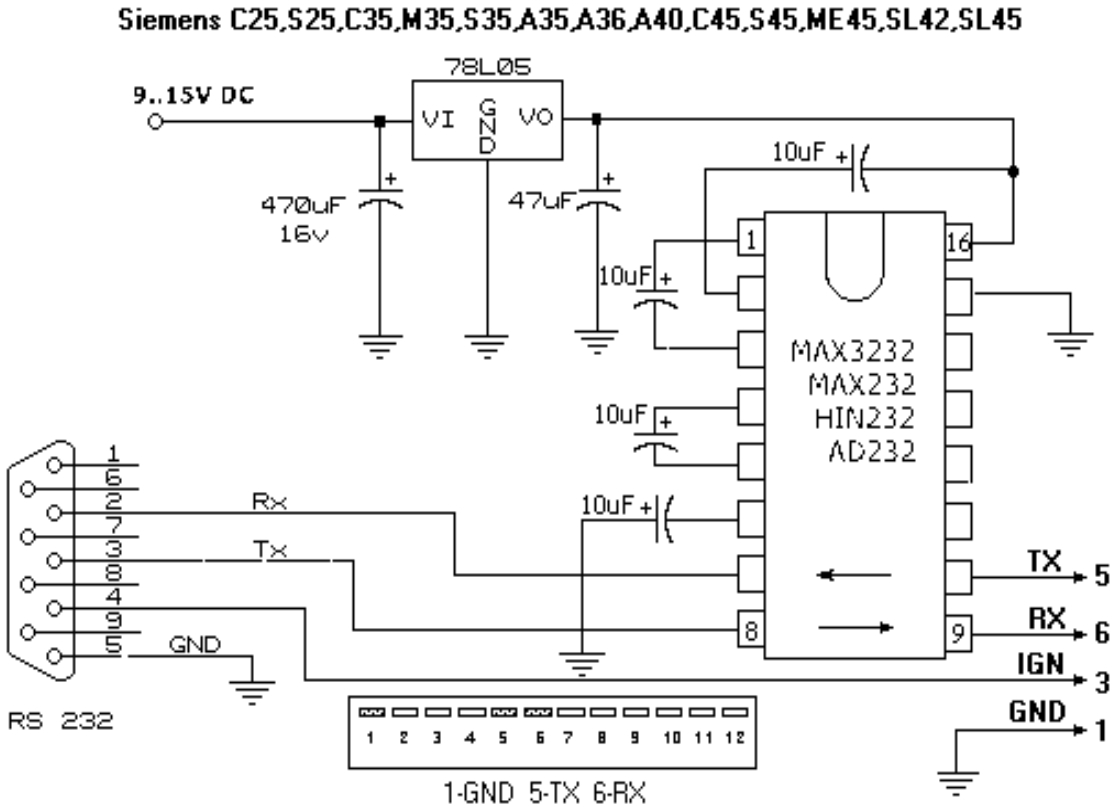

Рис. 2.8

На рис. 2.9 показан модем BayCom на микросхеме FX614 с модуляцией AFSK, которая обеспечивает повышенную помехозащищенность этого модема по отношению к модему, изображенному на рис. 2.8.

Микросхема FX614 фирмы CML (аналог MX614 фирмы MX-Com) представляет собой интегральную КМОП-микросхему, предназначенную для асинхронной передачи данных со скоростью 1200 бит/с и совместимую со стандартом Bell202. Для микросхемы требуется напряжение питания от 3,3 до 5,5 В при потреблении тока 1,5 мА, поэтому модем питается через диоды непосредственно от COM-порта компьютера.

Кроме основных блоков, реализующих модуляцию, демодуляцию сигналов AFSK и преобразование данных, микросхема снабжена полосовыми фильтрами для улучшения выходных шумовых параметров модема и устранения искажений выходного синусоидального сигнала.

Как видно из схемы, модем очень прост и не требует никаких регулировок (за исключением уровня выходного AFSK-сигнала). Большинство инверторов используется для согласования логических уровней сигналов между COM-портом компьютера и микросхемой FX614.

Как показала практика, для того чтобы модем мог "стыковаться" со всеми типами материнских плат, на входе CTS необходимо использовать схему преобразования уровня выходного сигнала RXD, используя *p-n-p* транзистор. В качестве переключателя “прием-передача” используется электронный ключ на биполярном транзисторе.

Программное обеспечение BAYCOM использует нестандартное подключение модемов BayCom к сигналам RS-232: сигнал DTR используется как передаваемые данные (от компьютера к радиостанции), сигнал CTS – как принимаемые данные (от радиостанции к компьютеру), сигнал RTS – это сигнал PTT (Push-To-Talk) управления режимом “прием-передача” (высокий уровень соответствует режиму “передача”).

Модемы BayCom без модуляции и с модуляцией AFSK не обеспечивают достоверную передачу данных, поэтому ее контроль должен осуществляться терминальным программным обеспечением компьютеров. К сожалению, для этого не может быть использован стандартный Hyper Terminal операционной системы WINDOWS со стандартными встроенными протоколами Xmodem, Ymodem, Zmodem и др., так как модемы BayCom используют нестандартную цоколевку RS-порта компьютера. Поэтому применять такие модемы можно только со специальным программным обеспечением, например, BAYCOM или AGW.

2.3. Радиолинии с программными модемами

В настоящее время существует различное программное обеспечение, выполняющее функции модемов для связи персональных компьютеров с радиостанциями посредством звуковых карт компьютеров. Преимущество таких модемов в том, что нет необходимости иметь внешние модемы, например, типа TNC или BayCom, которые преобразуют аналоговый сигнал радиостанции в цифровой для компьютера. Эту функцию выполняет звуковая карта, которая в современных компьютерах интегрирована.

Наиболее популярными из таких программных модемов являются пакеты программ FlexNet (PC/FlexNet V3.3g – 16-разрядная версия для операционной системы (ОС) MSDOS версии 5.0 или 6.22 или Windows95/98; FLEX32 – 32-разрядная версия для ОС Windows 95/98/ME/2000/NT и XP) и AGW Packet Engine (для ОС Windows 95/98/ME/2000/NT и XP).

FlexNet – гибкая, модульная программа для организации эффективных пакетных радиосетей. Используется в основном в Западной Европе, но также применяется и в странах бывшего СССР (в том числе и в Украине). Путем установки нужных драйверов можно создать узел связи или пользовательский терминал. Все уровни системы передачи данных (включая каналы доступа пользователя), работающей в сети FlexNet, устанавливаются автоматически программным обеспечением. Единственное исключение – это установка TXDelay, которую задает сам пользователь в зависимости от используемой радиостанции. В настоящее время для FlexNet написано большое количество драйверов, которые позволяют создавать высокоэффективные пакетные системы практически на любом оборудовании от звуковых карт до модемов и современных TNC контроллеров, но в отличие от TNC поддержка звуковой карты осуществляется с помощью дополнительного драйвера, который нужно устанавливать отдельно.

AGW Packet Engine – пакетная программа из серии пакетных программ AGW для Windows. Фактически это ядро системы, цель

которой – взаимодействие между контроллерами или компьютерами. AGWPE может поддерживать одновременно до 100 контроллеров. Все параметры контроллера программа выставляет сама в соответствии с обменом в канале. Имеется встроенная поддержка большинства современных контроллеров, включая работу со звуковой картой (в отличие от FlexNet).

Вышеперечисленные программы – это фактически драйверы для «общения» контроллера с операционной системой пользователя. Для полноценной работы с этими программами необходимы еще и терминальные программы. Например, для AGWPE лучше использовать AGWTERMINAL, написанную тем же автором, что и AGWPE.

В современных персональных компьютерах используется два типа звуковых карт: интегрированные (встраиваемые в материнские платы компьютеров) и внешние (подключаемые через специальные разъемы). В связи с большим числом производителей материнских плат и внешних звуковых карт существует различное программное обеспечение для управления этими звуковыми картами. В данной работе будут рассмотрены основные органы управления звуковой картой на примере стандартного микшера ОС Windows 2000 (русская версия). Для запуска программы зайдите в меню Пуск –> Программы –> Стандартные –> Развлечения и выберите пункт «Громкость», как показано на рис. 2.10.

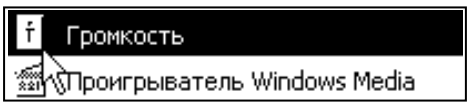

Рис. 2.10

После запуска программы в пункте меню «Параметры» выберите пункт «Свойства». В появившемся окне в разделе «Настройка громкости» выберите пункт «Воспроизведение», далее в списке отображаемых регуляторов необходимо отметить галочками пункты «Общий», «Звук» и «Линейный вход», после этого нажать на кнопку «ОК». Окно программы примет вид, показанный на рис. 2.11.

После этого снова зайдите в меню «Свойства», только в разделе «Настройка громкости» выберите пункт «Запись». Далее в списке отображаемых регуляторов необходимо отметить галочкой пункт «Линейный вход», после этого нажать на кнопку «ОК». Окно программы примет вид, показанный на рис. 2.12. Отметить галочкой пункт «Выбрать».

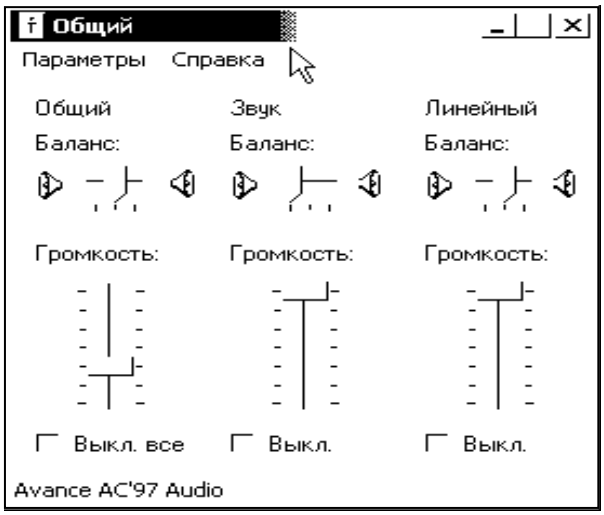

Рис. 2.11

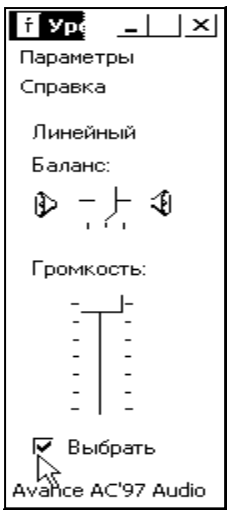

Рис. 2.12

Программа AGWPE не имеет собственного интерфейса, но ею можно управлять с помощью контекстного меню, которое вызывается щелчком левой или правой кнопки мыши на значке в системном трее возле системных часов (рис. 2.13).

Для изменения настроек необходимо в меню выбрать пункт «Свойства». В появившемся окне выбрать порт, с которым хотите работать, и нажать кнопку «ОК» или «Новый порт» для создания нового порта. Вид окна представлен на рис. 2.14.

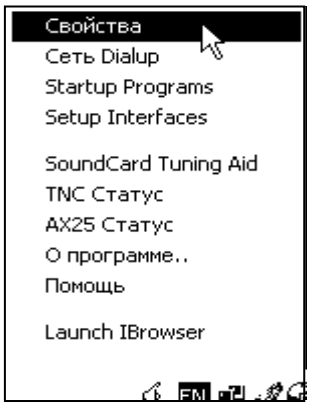

Рис. 2.13

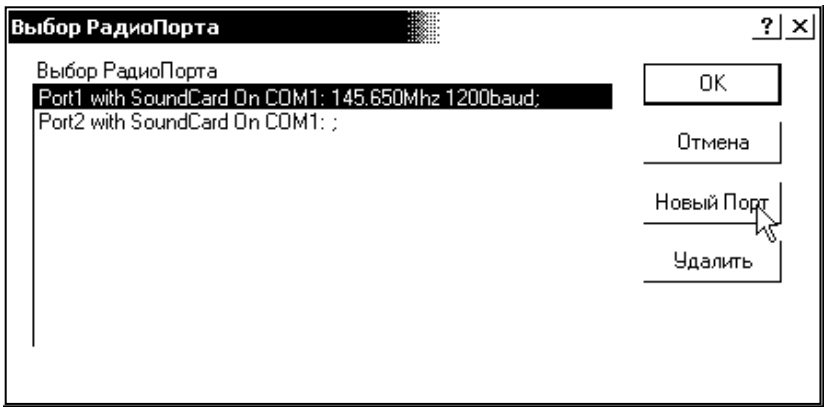

Рис. 2.14

После этого появится окно настроек порта, показанное на рис. 2.15.

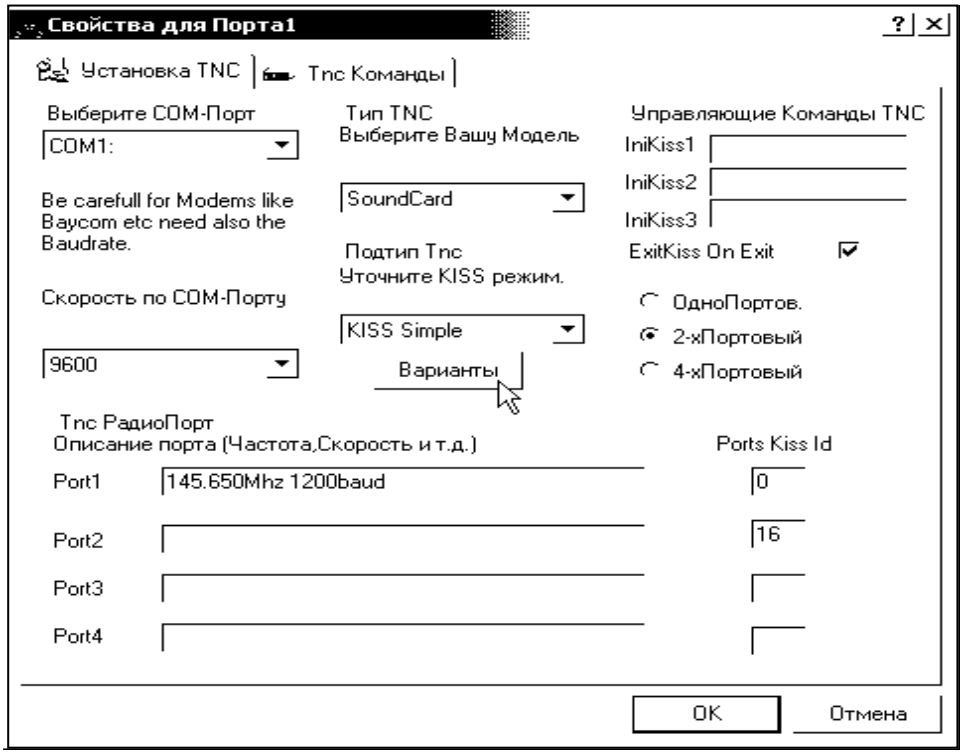

Рис. 2.15

В разделе «Выберите COM-Порт» необходимо из выпадающего меню выбрать COM-Порт, по которому будет поступать сигнал PTT на радиостанцию (управление тангентой) и скорость обмена между COM-портом и радиомодемом (собственно программой AGWPE). Сигнал PTT снимается с COM- или LPT-порта. Для COM-порта используется сигнал RTS для левого канала звуковой карты и сигнал DTR для правого. Для LPT-порта используется 2-й или 3-й контакт разъема для левого и 8-й или 9-й для правого канала звуковой карты.

В разделе «Тип TNC» необходимо из выпадающего меню выбрать «SoundCard».

В разделе «Подтип TNC» необходимо из выпадающего меню выбрать «KISS Simple». Все остальное оставить по умолчанию.

Нажмите на кнопку «Варианты». В появившемся окне (рис. 2.16) необходимо выбрать из выпадающего меню значение «1200» для свойства «OnAirDaudRate» для левого и правого каналов звуковой

карты. Если у вас две и более звуковые карты, то выберите в разделе «SoundCard Selection» звуковую карту, которая будет работать в качестве радиомодема, тогда остальные будут работать в обычном режиме. Затем нажмите кнопку «ОК».

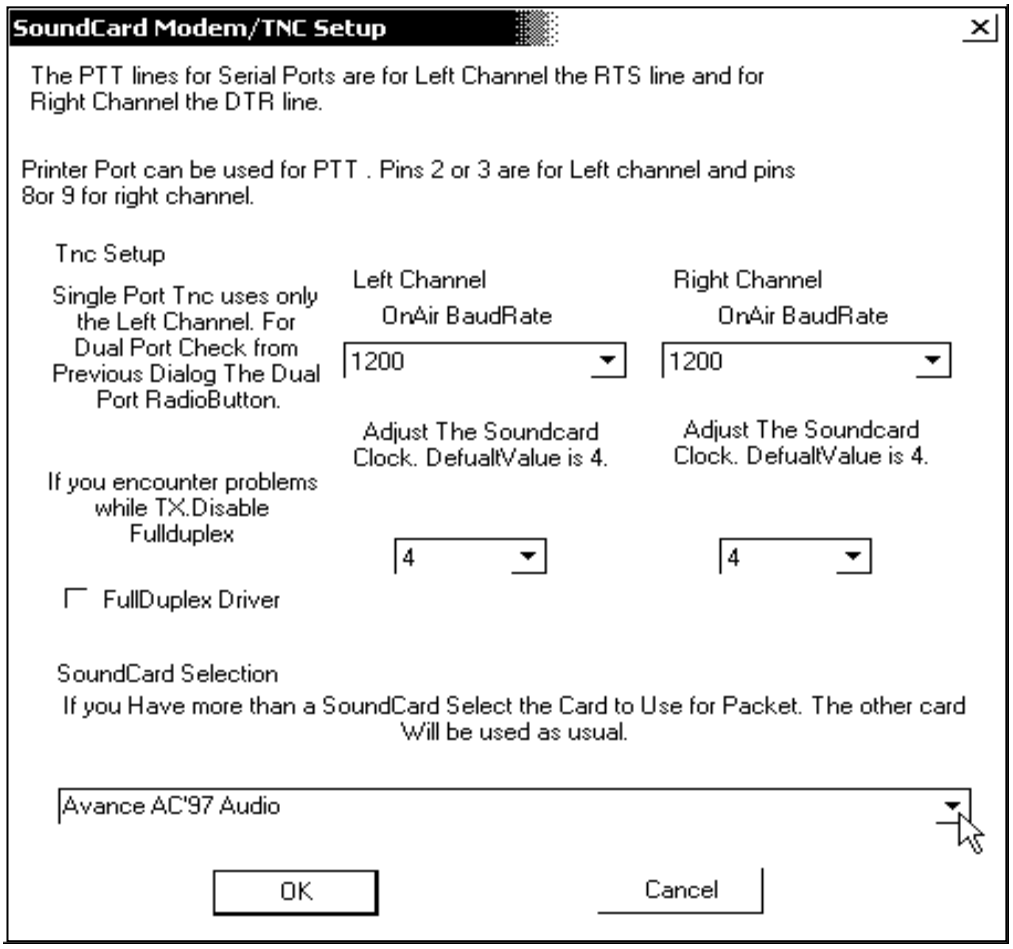

Рис. 2.16

После этого перейдите во вкладку «TNC Команды» (рис. 2.17). В ней имеется два раздела:

– Авто-Настройка Параметров;

– Установить Параметры.

При выборе первого раздела необходимо только выбрать скорость передачи для радиопорта (по умолчанию 1200 бит/с), выставить значения TXDelay (см. табл. 2.1). Все остальные параметры программа настроит сама, исходя из свойств канала связи.

При выборе второго раздела параметры выставляются вручную. Описание выставляемых параметров приведены в табл. 2.1. В этом разделе также имеются две кнопки для установки параметров по умолчанию для скоростей передачи 1200 и 9600 бит/с (рис. 2.17).

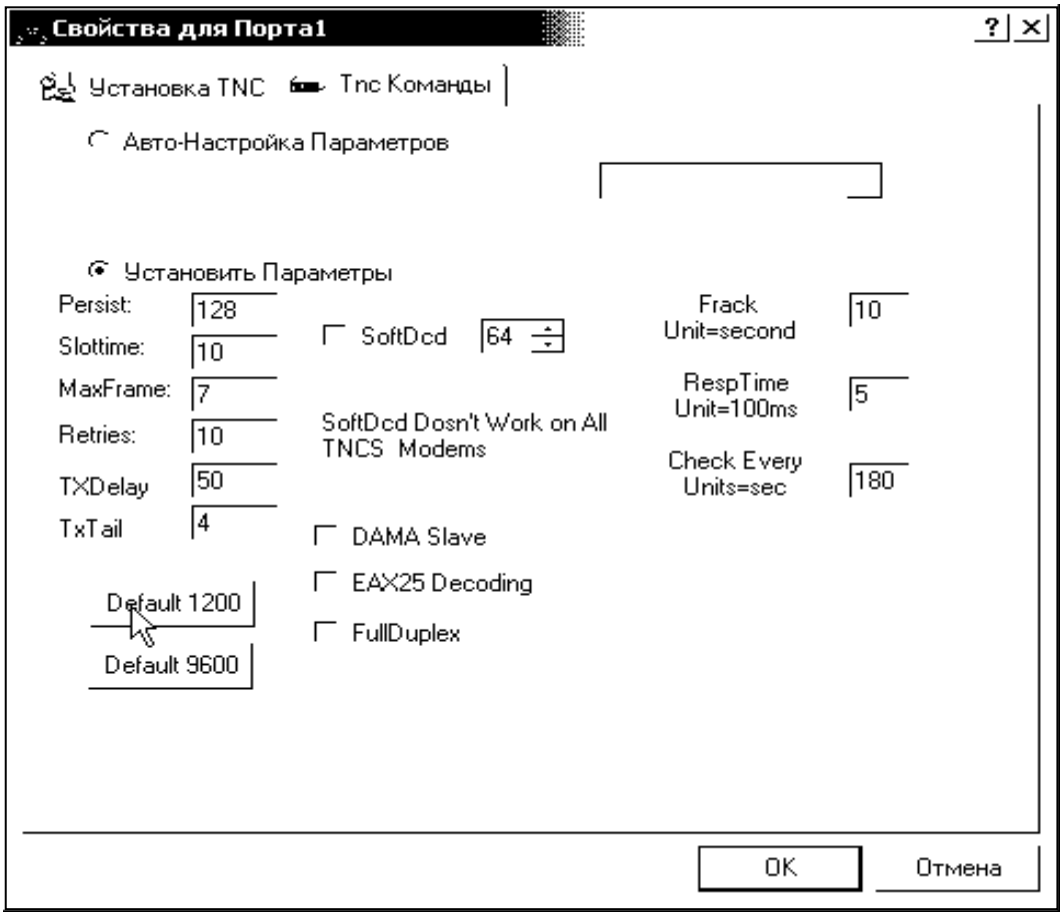

Рис. 2.17

Для передачи сообщений, файлов и другой информации от компьютера к компьютеру необходимо использовать одну из терминальных программ, например AGWTERMINAL. Программа запускается отдельно, но в состав AGWPE входят средства запуска других программ. Для создания списка запускаемых программ зайдите в меню программы AGWPE и выберите пункт «Startup Programs», как показано на рис. 2.18.

В появившемся окне нажмите на кнопку «Add» и укажите путь к программе, которую необходимо запускать сразу после запуска AGWPE, и нажмите кнопку «ОК». Окно примет вид, показанный на рис. 2.19.

Рис. 2.18

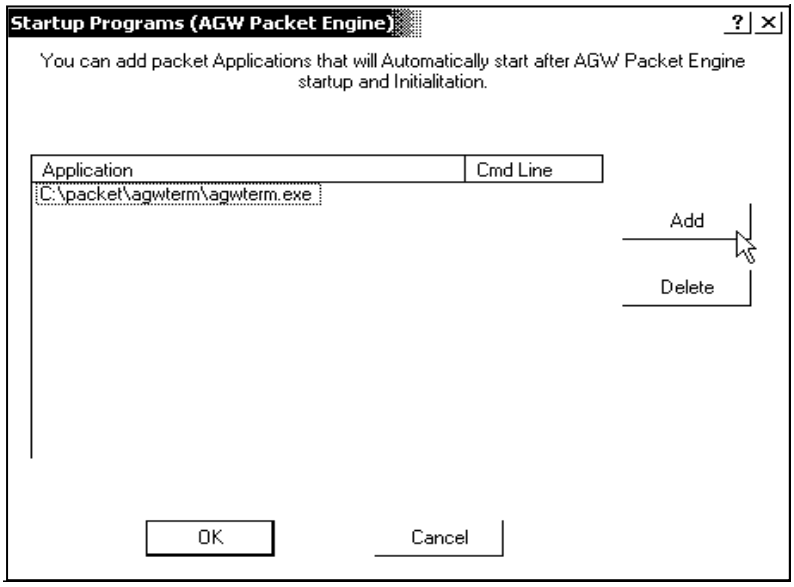

Рис. 2.19

Перед соединением с другим компьютером необходимо настроить программу AGWTERMINAL. Для этого в меню программы «File» выберите пункт «Properties» или нажмите кнопку на панели инструментов. В появившемся окне, показанном на рис. 2.20, в поле *MyCall* введите свой позывной. В поле *PacLen* введите длину пакета. Также в поле *Frequently Connect Calls* можно ввести список позывных, часто используемых для соединения.

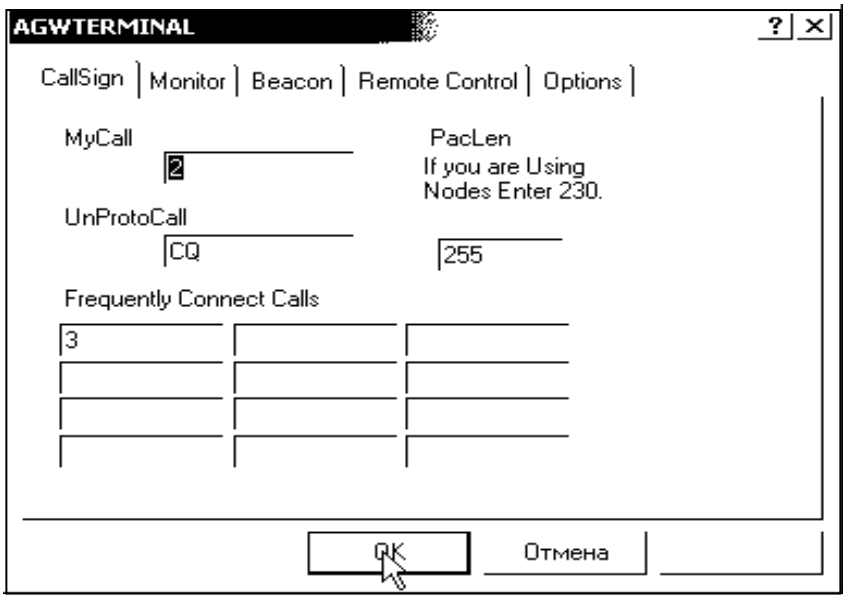

Рис. 2.20

В программах AGWPE и AGWTERMINAL можно настроить следующие установки протокола AX25: *Beacon, Btext, Frack, Monitor, Mycall, MAXframe, Paclen, RETry, Txdelay, Unproto* (см. табл. 2.1).

Радиолиния пакетной связи (рис. 2.21) содержит пакетные станции и предназначена для передачи через радиоканал цифровой, текстовой и другой файловой информации.

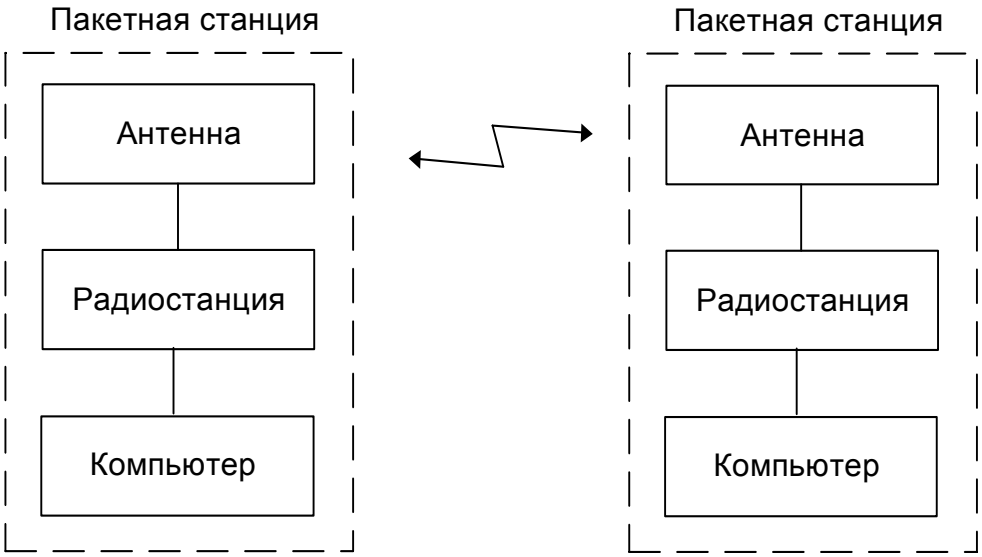

Рис. 2.21

Для подключения радиостанции к компьютеру необходимо:

– соединить между собой кабелями компьютер и радиостанцию (микрофонный вход радиостанции с линейным выходом звуковой карты ПК, микрофонный вход звуковой карты ПК с линейным выходом радиостанции, к COM-порту ПК подключить кабель, управляющий сигналом PTT);

– включить радиостанцию;

– запустить программу AGWPE.

Для соединения с другим компьютером необходимо в меню программы AGWTERMINAL «Actions» выбрать пункт «Connect» или нажать на кнопку на панели инструментов. В появившемся окне (рис. 2.22) в поле *CallSighn* ввести позывной, с которым необходимо соединиться (или выбрать из списка), и нажать на кнопку «Connect».

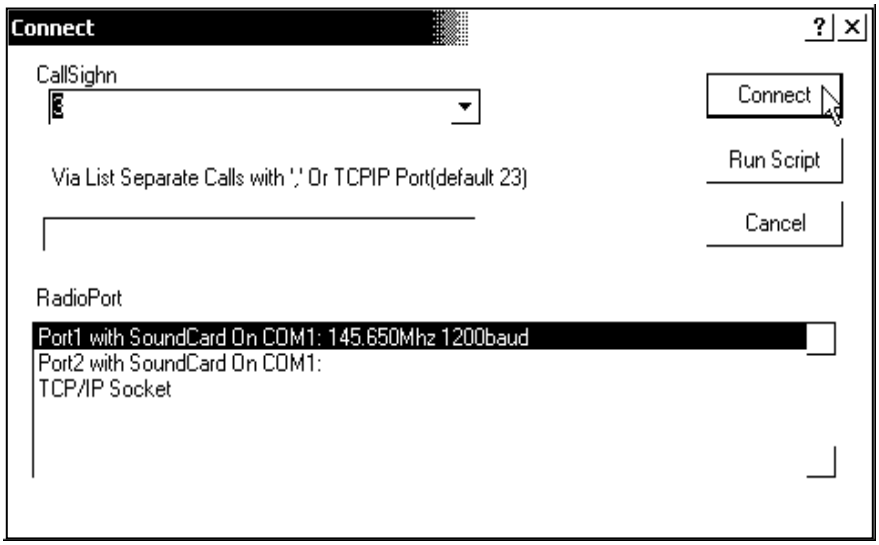

Рис. 2.22

Если необходимо соединиться с нужным компьютером через другие компьютеры, то в поле *Via List* необходимо ввести список позывных промежуточных компьютеров, разделенных запятыми.

2.4. Антенны пакетных радиолиний передачи данных

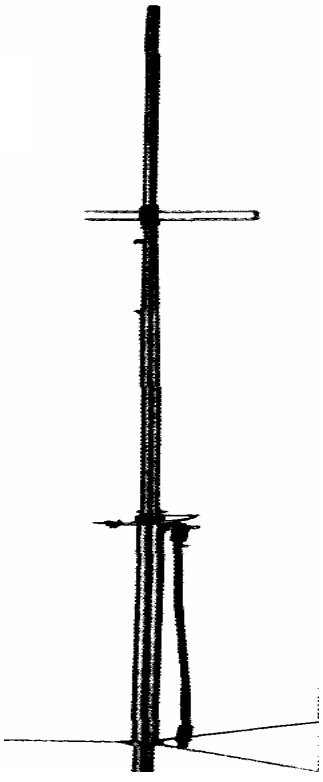

Рис. 2.23

Мощность передатчиков ОВЧ и УВЧ профессиональных радиостанций, как правило, ограничена 50 Вт, поэтому дальность радиолиний определяется в основном применяемыми антеннами и высотой их подъема. В лучшем случае при прямой видимости антенн и открытых радиотрассах протяженность радиолиний может достигать 50…100 км.

Для пакетных радиолиний передачи данных используют антенны с круговой диаграммой направленности и направленные антенны.

Фирмой Cushcruft (США) выпускаются базовые всенаправленные коллинеарные антенны (рис. 2.23), например, моделей CRS-150,

CRX-150 и CRX-150 B. Такие антенны монтируют на мачту диаметром до 3,2 см. Все модели антенн имеют возможность перестройки рабочего диапазона. Настройка антенн осуществляется с помощью КСВ-метра.

Для всех антенн этих серий максимально допустимая подводимая мощность составляет 250 Вт, материал, из которого изготовлены антенны, – алюминиевая труба. Параметры антенн приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Модель	Частота, МГц	Усиление, дБ	КСВ	Ширина полосы по КСВ 1,5:1	Ширина луча в вертикальной плоскости по уровню –3 дБ	Высота, см	Вес, кг	Площадь ветровой нагрузки, $м^2$	Предельная скорость ветра, км/ч
CRX-150B	150-174	6	1,5:1	4	30	412	3.2	0.13	125
CRX-150	150-174	5	1,5:1	6	36	294	2.2	0.05	125
CRS-150	150-174	2	1,5:1	7	73	114	0.9	0.02	125

Для радиолиний передачи данных могут быть рекомендованы направленные антенны "волновые каналы" двух типов: с петлевым вибратором и гамма-согласованием.

Первый тип направленных антенн (рис. 2.24) предназначен для эксплуатации в наиболее жестких погодных условиях. Они обладают повышенным запасом прочности, но для удобства транспортировки (особенно многоэлементных антенн) имеют сборно-разборную конструкцию.

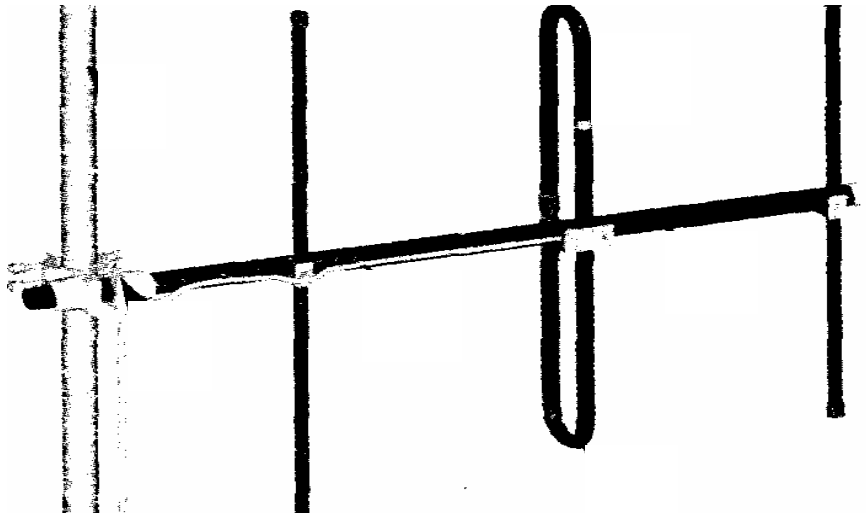

Рис. 2.24

В таких антеннах петлевой вибратор запитан симметрично, что позволяет крепить кабель снаружи траверсы без “затекания” ВЧ-токов по поверхности кабеля. При этом условии вибратор можно сделать съемным, а диаграмма направленности будет иметь идеально симметричную форму.

Антенна выполнена из легкого алюминиевого сплава АД-31. Полотно антенны защищено от коррозии надежным полимерным покрытием. Место запитки коаксиальным кабелем тщательно загерметизированно. Однако антенны не имеют полной герметизации, петлевой вибратор снабжен дренажным отверстием для лучшей вентиляции и удаления конденсата. Массивное литое крепежное устройство надежно фиксирует антенну за концевик траверсы на вертикальной или горизонтальной трубе диаметром 38…65 мм.

Направленные антенны с гамма-согласованием (рис. 2.25), несмотря на более низкую стоимость, имеют ряд преимуществ перед антеннами с петлевыми вибраторами.

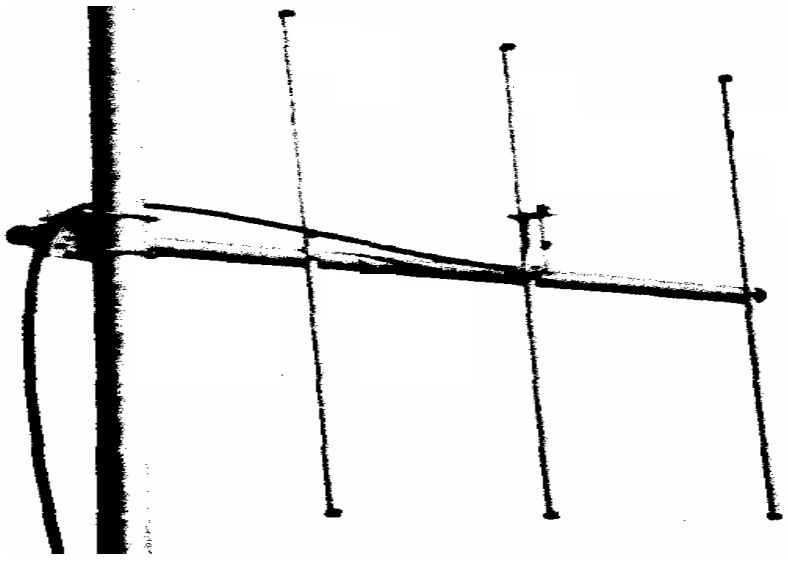

Рис. 2.25

Во-первых, они одинаково могут работать как в вертикальной, так и в горизонтальной поляризации. Во-вторых, эти антенны имеют особую уникальную структуру, рассчитанную на компьютере и скорректированную в полевых условиях по максимальному усилению

и отношениям излучения перед/назад и перед/бок. Получившееся при этой оптимизации нестандартное входное сопротивление трансформируется в 50 Ом с помощью гамма-согласования. Таким образом, получается конструкция со всеми требуемыми параметрами и сопротивлением 50 Ом.

Антенны этой серии выполнены из дюралюминиевой траверсы и пассивных элементов, которые крепятся к траверсе винтом М5. Активный вибратор изготовлен из трубы диаметром 12 мм и имеет гальванический контакт с траверсой. Антенна крепится к мачте диаметром до 50 мм стальными оцинкованными хомутами. Гамма-транформатор показан на рис. 2.26. Все антенны этого типа имеют оксидное покрытие.

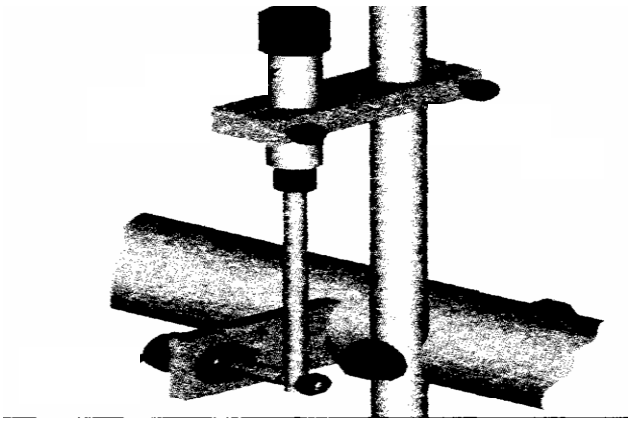

Рис. 2.26

Имея инструкцию по сборке, за несколько минут можно собрать и настроить такую высокоэффективную направленную антенну, которая существенно повысит дальность радиосвязи относительно всенаправленных антенн.

Раздел не содержит сведений о всех промышленно выпускаемых антеннах для радиолиний передачи данных, а показывает лишь примеры наиболее популярных и эффективных антенн для таких радиолиний.

2.5. Расчеты энергетики радиолиний передачи данных

Протяженность радиолиний пакетной связи зависит от энергетических показателей радиолиний и при использовании профессиональных радиостанций фирм Motorola, Kenwood, Alinko и др., при высоте установки антенн, обеспечивающей открытые радиотрассы, дальность устойчивой пакетной связи может быть до 100 км. При проектировании таких радиолиний, в частности для

определения высот установки антенн, целесообразно применять специализированные программные пакеты, например пакет IRT.

При проектировании радиолиний СНР оценивается их энергетический запас и определяются меры по обеспечению надежной связи, например, подъем высоты подвеса антенн, увеличение мощности передатчика и т. д.

Этот этап осуществляется компьютерными средствами, так как физические и математические принципы распространения радиоволн сложны и многофакторны, а расчеты необходимо проводить для реальной топографии наземных радиотрасс.

Алгоритмы расчетов радиотрасс основаны на соотношениях теории распространения радиоволн [8].

Мощность сигнала, дБ, на входе приемника радиолинии вычисляют по формуле

$$P_r = P_t + G_1 + G_2 + \eta_1 + \eta_2 + F, \qquad (2.1)$$

где $P_t = 10 \lg P_{пер}$ – мощность передатчика, дБВт; η_1 и η_2 – потери в фидерных трактах передатчика и приемника соответственно; G_1 и G_2 – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн соответственно, дБ; F – полный множитель ослабления сигнала, дБ.

Полный множитель ослабления сигнала определяется формулой

$$F = F_{св} + F_з + F_{тр} + F_{стр}, \qquad (2.2)$$

где $F_{св}$ – множитель ослабления в свободном пространстве, дБ,

$$F_{св} = 20 \lg \frac{\lambda}{4 \pi r_0}; \qquad (2.3)$$

$F_з = F_д + F_и + F_р$ – множитель ослабления за счет влияния земной поверхности на трассе, зависящий от дифракционного $F_д$, интерференционного $F_и$ и рефракционного $F_р$ множителей;

$F_{тр} = F_г + F_о + F_{сл}$ – множитель ослабления за счет влияния тропосферы, зависящий от ослабления в газах $F_г$, осадках $F_о$ и слоях тропосферы $F_{сл}$.

На открытых трассах множитель ослабления $F_д + F_р << F_и$ и тогда $F_з$ имеет в основном интерференционный характер, так как в

точку приема кроме прямой волны могут приходить одна или несколько волн, отраженных от земной поверхности. При наличии одной точки отражения модуль множителя ослабления определяют по стандартной интерференционной формуле:

$$F_и = \sqrt{1 + R_э^{\,2} + 2R_э \cos\alpha}\ , \qquad (2.4)$$

где $R_э$ – модуль эффективного коэффициента отражения, зависящий от угла скольжения и поляризации волны, от диэлектрической проницаемости и электрической проводимости поверхности;

α – сдвиг фазы между прямой и отраженной волной.

Рефракция радиоволн обусловлена вертикальной неоднородностью диэлектрической проницаемости воздуха.

Диэлектрическая проницаемость претерпевает регулярные и случайные пространственные и временные изменения при изменении давления, влажности и температуры воздуха.

Для оценки влияния регулярного изменения диэлектрической проницаемости воздуха введен эффективный вертикальный градиент диэлектрической проницаемости $g_{эф}$. Значение этого градиента для большинства районов европейской территории, в том числе и Украины, равно $-8\cdot10^{-8}$ м$^{-1}$.

Без учета рефракции при прямолинейном представлении траектории радиоволны профиль трассы имеет вид, показанный на рис. 2.27.

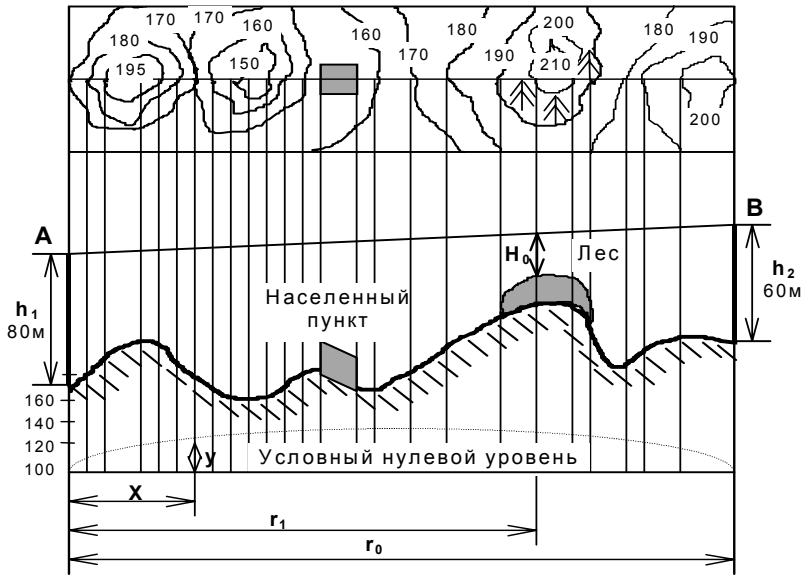

Рис. 2.27

Из-за рефракции происходит изменение коэффициента преломления радиоволны и, следовательно, искривление траектории ее распространения, чему *эквивалентна* трансформация профиля трассы и изменение просвета H_o на величину ΔH.

В общем случае изменение просвета за счет рефракции учитывают следующим образом:

$$H(g) = H_0 + \Delta H(g), \tag{2.5}$$

$$\Delta H(g) = -\frac{r_0^2}{4} g_{эф} s\,(1 - s). \tag{2.6}$$

Здесь $s = x/r_0$ – относительная координата точки; x – расстояние до текущей точки от левого конца трассы.

Профиль трассы представляет собой вертикальный разрез местности между радиостанциями со всеми высотными отметками, включая строения, лес и т.п. Его основные геометрические параметры: r_0 – расстояние между радиостанциями A и B; r_1 – расстояние до препятствия (препятствий), существенно влияющее на ослабление радиоволн на трассе; H_o – величина просвета на трассе (расстояние между прямой AB и профилем трассы), которую определяют в наиболее высокой точке профиля (при наличии построек, леса и т.д. просвет вычисляют относительно их вершин).

Рефракция радиоволн может приводить к изменению характера трассы так, что открытые трассы могут трансформироваться в полузакрытые или закрытые, а это вызывает ухудшение энергетических показателей системы.

Дифракция радиоволн проявляется в огибании ими земной поверхности. Множитель ослабления $F_д$ с учетом реального рельефа местности рассчитывают с помощью приближенных методов В.А. Фока по теории дифракции радиоволн с учетом аппроксимации реальных препятствий на трассе сферами, радиус которых определяется конкретным видом препятствия. Остроконечные препятствия аппроксимируют полуплоскостью, а при расчете множителя ослабления сигнала пользуются формулами, полученными на основе дифракции волн на полуплоскости.

Составляющие множителя ослабления $F_{тр}$ за счет воздействия

тропосферы определяются эмпирическими формулами, учитывающими плотность водяного пара и кислорода в тропосфере, интенсивность дождя и тумана, протяженность участка трассы с туманами и дождями. Эти составляющие принимают существенные величины при частотах, превышающих 10 ГГц.

Для учета ослабления в городской и пригородной зонах использована модель Окамуры, в которой учет ведется с помощью двух поправочных коэффициентов: Q_1 – для городской и Q_2 – для пригородной зон. Эти коэффициенты являются функцией рабочей частоты линии связи; их величины, например, на частоте 150 МГц равны соответственно 23 и 19 дБ.

Если городская или пригородная зоны занимают лишь часть трассы, то эти коэффициенты умножаются на коэффициент

$$k = \Delta r / r_0 , \qquad (2.7)$$

где Δr – участок трассы с застройкой;

r_o – общая длина трассы.

С учетом этого множитель ослабления $F_{стр}$, учитывающий потери на застройке, может быть представлен в виде

$$F_{стр} = k_1 Q_1 + k_2 Q_2 . \qquad (2.8)$$

После расчета полного множителя ослабления F и определения мощности на входе приемника $P_г$ необходимо провести сравнение получаемой на входе приемника мощности с минимально необходимой мощностью $P_{г\ необх}$, которая определяется реальной чувствительностью приемника. Для осуществления устойчивой радиосвязи необходимо выполнение следующего условия:

$$P_г \geq P_{г\ необх} \qquad (2.9)$$

Минимально необходимая мощность, дБ, определяется формулой

$$P_{г\ необх} = 20\lg E_г - 10\lg R_a, \qquad (2.10)$$

где $E_г$ – реальная чувствительность приемника, В;

R_a – сопротивление излучения антенны, Ом.

Разность

$$\Delta P_г = P_г - P_{г\ необх} \qquad (2.11)$$

определяет запас по мощности сигнала в точке приема и должна

быть положительной величиной.

Для устойчивой речевой (аналоговой) связи энергетический запас должен быть не менее 4…12 дБ, а при передаче цифровых данных – не менее 10…20 дБ.

3. ПРИМЕРЫ РАДИОЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

3.1. Радиолинии сигнализации систем наземной радиосвязи

Радиосистемы функционируют по алгоритмам, прописанным в стандартах, протоколах и процедурах. Для передачи служебных (неголосовых) сигналов используются наборы стандартных служебных сигналов, называемых сигнализацией. Например, при передаче вызывного номера или донабора номера используется тональная сигнализация двух типов: двухчастотная сигнализация двойным тоном (двухтоновая), например кодом MF4, и сигнализация с пятью тональными импульсами (пятитоновая) кодами ZVEI, DZVEI, EIA, CCIREEA, CCITT, EURO, отличающимися частотами и длительностями тональных импульсов.

Несистемные трансиверы имеют систему шумоподавления, включающую низкочастотный тракт приемника, если в канале присутствуют сигналы радиостанций, т.е. систему шумоподавления “по несущей”. В них каждый абонент слышит все вызовы и переговоры в данном канале.

Система шумоподавления, основанная на введении в излучаемый передатчиком сигнал дополнительной тональной модуляции, получила название CTCSS (Continues Tone Coded Squelch System), т.е. система управления шумоподавителем тональными последовательностями. Принцип ее работы заключается в модуляции несущей частоты сигнала передатчика низкой частотой в пределах от 67 до 250,3 Гц. Вследствие того, что эти частоты лежат вне полосы 300…3000 Гц фильтра звуковых частот передатчика, они не слышны абоненту.

Радиостанция абонента снабжается специальным устройством

(рис. 3.1), распознающим только соответствующую ей субзвуковую частоту и автоматически включающим УЗЧ приемника. Выделенный с помощью ФНЧ сигнал передается на активный полосовой фильтр. Детектор преобразует его в постоянное напряжение, которое и активизирует УЗЧ приемника. ФВЧ предохраняет УЗЧ приемника от попадания на его вход управляющих сигналов или их гармоник.

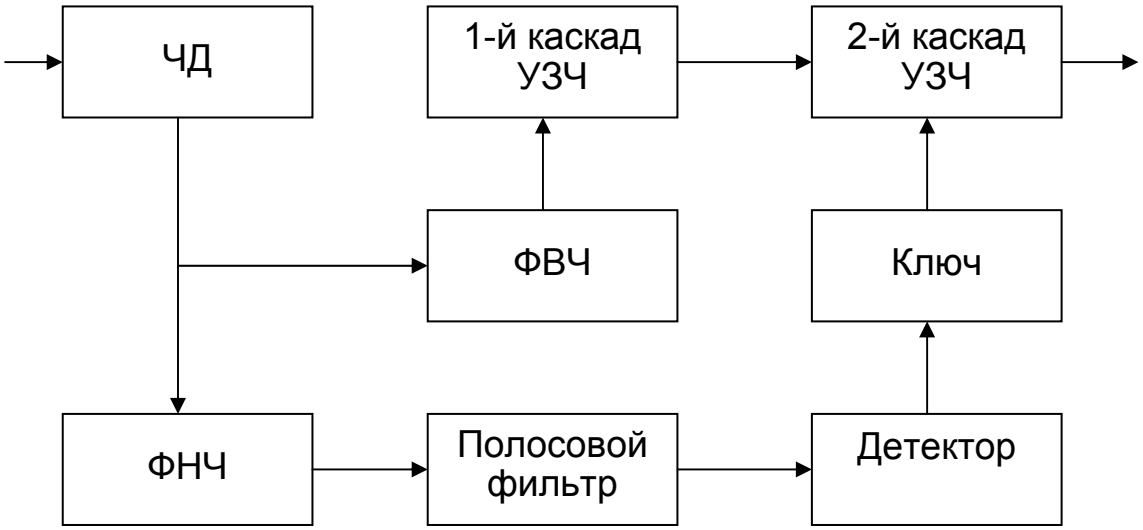

Рис. 3.1

Если вызывающая станция включает систему CTCSS, то ее вызов услышат все, кто не имеет такой системы (у них шумоподавитель сработает по сигналу несущей частоты), и все (т. е. вызов может быть групповым), кто имеет систему CTCSS, частота управления которой совпадает с субзвуковым тоном вызывающей радиостанции. Вызов радиостанции без системы CTCSS активизируют шумоподавители аналогичных радиостанций, но его "пропустит мимо ушей" радиостанции с включенной системой CTCSS.

Частоты субзвуковых сигналов радиостанций в системе CTCSS устанавливаются программным путем. Для унификации станций различных фирм значения этих частот стандартизированы. Так, в США Промышленной ассоциацией телекоммуникаций TIA (Telecommunication Industries Association) стандартизированы 37 значений поднесущих. Однако этой емкости CTCSS для

размещения на одном канале всех групп пользователей сегодня явно недостаточно. Более того, в Западной Европе во избежание помех разрешается использовать обычно в одном канале не более 16 частот.

Расширить число пользователей позволяет цифровое кодирование шумоподавителя – система сигнализации DCS (Digital Coded Squelch). Сигнал DCS представляет собой число, передаваемое в цифровой форме. Это число декодируется принимающей радиостанцией, принадлежащей той же группе. Отличие от CTCSS состоит в том, что DCS использует лишь один возможный из ограниченного числа тонов (частот 10…67 Гц), но позволяет поддерживать практически любое количество групп. Это зависит только от числа бит в кодовой комбинации. Например, для 8 бит это число кодов составляет 2^8, или 256. Номер DCS передается в виде двоичной последовательности, при этом “1” представляется сдвигом по частоте вверх, а “0” – вниз.

Схема шумоподавителя с DCS отличается от приведенной на рис. 3.1 тем, что вместо полосового фильтра и детектора используются формирователь импульсов и декодер.

Администрацией связи Великобритании принята спецификация MPT 1381, регламентирующая использование DCS в системах подвижной связи. Варианты разделения всех кодовых комбинаций на 10 групп согласно этой спецификации приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Группа	Коды группы DCS	Инверсные коды группы
A	023; 043; 114; 115; 212	047; 445; 712; 152; 356
B	025; 053; 122; 125; 243	224; 452; 225; 365; 351
C	026; 054; 131; 132; 246	464; 413; 364; 546; 523
D	031; 065; 134; 143; 252	627; 271; 223; 412; 462
E	071; 072; 145; 155; 255	306; 245; 274; 731; 446
F	073; 074; 156; 162; 266	506; 174; 265; 503; 454
G	116; 165; 205; 311; 315	754; 251; 263; 664; 423
H	226; 261; 325; 331; 332	411; 732; 526; 465; 455
I	023; 343; 346; 371; 432; 466	051; 532; 612; 734; 516; 255
J	036; 431; 565; 606; 624; 654	172; 723; 703; 631; 632; 743

CTCSS и DCS используют разные методы формирования и могут быть применены на одном радиоканале без взаимных помех друг другу. Там, где группы пользователей уже используют CTCSS, можно применять и DCS для размещения дополнительных независимо работающих абонентов.

Для пользователя DCS аналогичен CTCSS: ему лишь нужно нажать тангенту станции, и его индивидуальный номер будет передаваться автоматически. Потребуется лишь немного больше времени для декодирования по сравнению с CTCSS-тоном, при DCS это приведет к задержке 180 мс при начале разговора, а задержка при сигнализации CTCSS составляет 120 мс.

Кроме вышерассмотренных существуют другие системные сигнализации, применяемые в конкретных системах связи.

3.2. Система радиоэкологического мониторинга

Система радиоэкологического мониторинга содержит 20 постов контроля (ПК) в 30-километровой зоне крупного промышленного предприятия, а также три центра управления (ЦУ), осуществляющих сбор информации со всех ПК. Для обеспечения большей живучести системы сбора информации каждый ЦУ включает в себя по два комплекта оборудования передачи данных. Таким образом, сбор информации от 18 ПК реально могут осуществлять 6 ЦУ. Однако из 6 ЦУ только один ведет сбор информации, используя выход в эфир, остальные 5 ЦУ, находясь в режиме приема, только контролируют работу "ведущего" ЦУ и находятся в "горячем резерве", а также служат как средства отображения обработанной информации.

Каждый ПК непрерывно собирает и производит предварительную обработку информации, ожидая запроса от ЦУ на выполнение функций, связанных с выходом в эфир:

– передача накопленной информации;

– выполнение различных команд по управлению оборудованием ПК и отчет о выполнении команд.

Сбор информации и управление всеми ПК в радиосети

инициирует "ведущий" ЦУ. Для этого он последовательно производит логическое соединение с каждым из ПК, выполняя следующие действия:

– запускается по одной TCP-сессии на каждый ПК, с помощью которых осуществляется соединение с сетевой операционной системой радиосети (СОСР);

– в сессиях, закрепленных за определенными ПК, посылаются команды на соединение с нужным ПК;

– СОСР делает попытку соединиться с указанным ПК, посылая несколько запросов на соединение через определенный промежуток времени;

– результат запроса ("соединение осуществлено" или "попытки соединиться исчерпаны, нет соединения") направляется в ЦУ;

– ЦУ по результатам команды на соединение принимает решение о дальнейших действиях.

При удачной попытке соединиться канал остается в режиме соединения для обмена информацией (команды на ПК, результаты исполнения команд от ПК). В состоянии логического соединения радиомодемы автономно поддерживают соединение, проверяя его через определенный промежуток времени. При утере соединения на ЦУ поступает сообщение об утере контакта. В случае неудачной попытки соединиться с недоступным ПК ЦУ пытается установить с ним соединение с помощью цифровой ретрансляции через промежуточные ПК (например, при повышенной ионизации на трассе ЦУ–ПК и ухудшении прохождения напрямую). При неудачной попытке соединения с цифровой ретрансляцией обмен информацией возлагается на другой ЦУ.

Ведущий ЦУ обменивается с ведомыми ЦУ результатами сбора информации, используя проводные каналы связи, и координирует с ними свои действия в следующих нештатных ситуациях:

– выход из строя антенно-фидерного устройства на ведущем ЦУ (нет приема);

– выход из строя передатчика (ведущий ЦУ принимает всех, никто не принимает ЦУ);

– отсутствие связи с одним или несколькими ПК (ионизация, индустриальные помехи).

Каждый из ведомых ЦУ имеет возможность получить от своей СОСР информацию о статистике работы радиосети:

– количество пакетов информации, принятых от каждого из абонентов радиосети с момента начала работы данной СОСР;

– время последнего перехода в режим передачи каждого из абонентов радиосети.

Таким образом, каждый ЦУ может получить в любой момент информацию о том, действует ли радиосеть (работоспособен или отказал ведущий ЦУ), и может сообщить остальным ЦУ о доступности других абонентов радиосети. Все ЦУ имеют свой уровень приоритета от максимального 6 до минимального 1 по работе в радиосети в качестве ведущего ЦУ. В случае отказа ведущего ЦУ ведомый с приоритетом на единицу меньше берет на себя права ведущего, а система приоритетов циклически изменяется на 1 для всех ЦУ так, что новый ведущий ЦУ снова имеет наивысший приоритет 6, а ЦУ, имевший до этого наивысший приоритет, получает приоритет 1.

В случае отказа проводных каналов связи между ЦУ обмен информацией возможен по радиоканалу.

На основании разработанных Международной организацией по стандартам и Международным консультативным комитетом по телефонии и телеграфии (МККТТ) единых стандартов радиосеть должна функционировать как открытая сеть стандарта ISO7498. Она строится на протоколах семи уровней, предоставляющих различные возможности.

В качестве протокола взаимодействия ЦУ с абонентами радиосети используется высоконадежный протокол TCP взаимодействия между главными компьютерами сети с коммутацией пакетов. TCP является высокоуровневым протоколом и реализует транспортный уровень (4-й уровень). Этот уровень поддерживается существующим математическим обеспечением в системах UNIX, WindowsNT, OS/2. Для реализации соединения ЦУ на транспортном

уровне необходимо обеспечить три нижних уровня: сетевой; канальный и физический.

Сетевой уровень осуществляется операционной системой радиосети, которая организует маршрутизацию и коммутацию, сегментацию и укрупнение, исправление ошибок, а также организацию работы в радиосети по адаптированному для работы в радиосетях протоколу AX25.

Протокол AX25 расширен так, что пакеты содержат до 560 байт информации. Второе отличие состоит в том, что введен добавочный тип ненумерованных пакетов, что позволяет передавать циркулярную информацию сразу всем абонентам сети без установления соединения.

Сетевая операционная система радиосети функционирует как отдельный процесс на ЦУ и общается с ядром системы мониторинга через внешние порты посредством протокола SLIP (Serial Line IP) по стыку RS232.

Радиомодемы обеспечивают канальный уровень с помощью биториентированной процедуры HDLC в радиосети и физически соединены с компьютером ЦУ через последовательный порт по стыку RS232. Модемы, установленные на ПК, имеют специальное программное обеспечение, которое поддерживает канальный (HDLC) и сетевой уровни (AX25), освобождая ЦУ от управления сетью, и предоставляют ЦПУ возможность обмениваться информацией.

Физически модемы на ПК подключены к ЦУ через последовательный порт по стыку RS232, а с радиостанцией – с использованием протокола Bell202 (для скорости 9600 бит/с), который соответствует протоколу МККТТ V.23.

Протокол HDLC предложен МККТТ для использования в интерфейсе AX25. Процедура HDLC управляет звеном передачи данных, обеспечивая прозрачный режим передачи данных, и использует помехоустойчивое кодирование, изложенное в Рекомендации МККТТ V.41.

СОСР работает под управлением системы MS/DOS (либо в окне DOS под UNIX, OS/2) и занимает 580 кбайт в ОЗУ компьютера.

Для организации радиосети в 30-километровой зоне на основе симплексного канала связи выделена частота в диапазоне 160 МГц. В качестве средств связи наиболее приемлемы двухканальные радиостанции GM340 фирмы Motorola, которые обладают высокой долговечностью и рабочей надежностью, а также высокими энергетическими показателями. Радиостанции фирмы Motorola сертифицированы Государственной Инспекцией Электросвязи для использования на территории Украины и соответствует европейским стандартам, а также стандарту ETS300-086. Средства связи фирмы Motorola разработаны с учетом военных стандартов на климатические и вибрационные нагрузки, проходят проверку в ходе уникальных "ускоренных ресурсных испытаний", имитирующих 5-летнюю эксплуатацию в тяжелых полевых условиях.

Радиостанция GM340 имеет регулируемую выходную мощность (при начальном программировании) и может обеспечить:

- выходную мощность – 45 Вт при 50 %-м цикле прием/передача и допускают 100 %-й цикл передачи при установке выходной мощности не более 25 Вт;
- чувствительность приемного тракта – 0,3 мкВ при соотношении сигнал/шум, равном 12 дБ;
- шаг частотной сетки – 25 кГц;
- потребляемый ток:
  - в режиме приема – 300 мА;
  - в режиме передачи при выходной мощности 45 Вт – 15 А;
  - в режиме передачи при выходной мощности 25 Вт – 7 А;
- вес – 1,7 кг;
- размеры – 50,8 х 178 х 198 мм;
- напряжение питания – 13,8 В.

Радиостанция GM340 имеет выносной микрофон, таймер отключения радиостанции при превышении тайм-аута на передачу, световые индикаторы номера используемого канала и занятости канала. Блок питания фирмы Astron (США), совмещенный с корпусом для установки радиостанции, обеспечивает необходимый ток на всех режимах работы радиостанции.

В качестве антенн ЦУ и ПК используются базовые линейные вибраторы ASP685. Такие антенны обеспечивают круговую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости. Усиление антенны достигает 9 дБ. Вертикальная поляризация антенной системы позволяет не воспринимать помехи с горизонтальной поляризацией, которые создаются линиями электропередач. Кроме того, использование вертикальной поляризации позволяет уменьшить затухание на радиотрассах из-за потерь в горизонтальных линиях электропередач и в почве. Конструкции антенн, а также мачт и фидерного устройства выбраны так, чтобы обеспечить защиту от грозовых разрядов и умышленного повреждения кабеля снижения.

Электромагнитная обстановка в районе радиоэкологического мониторинга может характеризоваться высоким уровнем индустриальных помех. Для уменьшения вероятности поражения импульсной помехой пакетов информации необходимо сократить время передачи информации за счет увеличения скорости передачи информации и формирования коротких информационных пакетов.

Увеличить максимально скорость передачи информации необходимо также для обеспечения минимального времени опроса всех ПК в радиосети. В разрешенном к использованию частотном диапазоне применяется сетка частот с шагом 25 кГц. Таким образом, максимальная полоса излучаемых сигналов не должна превышать 20…25 кГц. При использовании в модемах фазовой модуляции максимальная скорость передачи составляет 9600 бит/с.

Модемы фирмы PacCom (USA) при скорости от 300 до 2400 бит/с используют частотную модуляцию, а от 4800 до 19200 – фазовую. Фазовые модемы при скорости 9600 бит/с имеют демодуляторы, использующие цифровые методы обработки аналоговых сигналов. Это повышает устойчивость работы модемов в условиях климатических и вибрационных нагрузок. Встроенный микрокомпьютер обеспечивает все функции управления радиостанцией, гибко настраиваясь на параметры радиостанции. Поддерживая два нижних сетевых уровня, модем обеспечивает

буферизацию данных (до 2 кбайт) как из радиоканалов, так и со стороны последовательного порта. Процесс управления передачей в последовательной линии происходит по протоколу XON-XOFF либо сигналами RTS/CTS линии RS232. В радиолинии процесс управления потоком информации производится по высокоуровневому протоколу HDLC. Протоколы передачи данных, реализуемые встроенным контроллером, обеспечивают помехоустойчивое кодирование и 100 %-ю достоверность передаваемой информации.

Структуру радиосети можно гибко настраивать на конкретные требования к функциональным возможностям сети. Для этого используется большой выбор специальных прошивок микросхем памяти постоянных запоминающих устройств, поддерживающих различные режимы работы модема:

– терминальный;

– узловой (использование модема в качестве необслуживаемого узла связи без подключения к компьютеру в автономном режиме);

– специальный сетевой (для трансляции пакетов 3-го сетевого уровня в радиосети);

– режим host (работа в составе главного компьютера радиосети).

Для сохранения параметров настройки при отключении модема в нем предусмотрено питание отдельных элементов схемы от встроенной батареи.

Модем помещен в металлический корпус, на передней панели которого расположены светодиодные индикаторы состояния модема. На задней панели расположены гнезда разъемов для подключения компьютера, радиостанции и блока питания. Модем имеет размеры 33 х 125 х 236 мм, вес 737 г, ток потребления от источника 12 В – 350 мА.

Заключение

При скоростях передачи данных 1200 бит/с и 9600 бит/с за сутки может быть передано не более 12,96 Мбайт и 103,68 Мбайт информации, поэтому эти скорости являются минимально возможными для радиоканалов систем сбора данных, в которых суточный объем передаваемых данных достигает 12 Мбайт и 100 Мбайт, соответственно.

Радиолинии, рассмотренные в первом разделе, возможны там, где имеется покрытие сети GSM, а во втором разделе, если энергетический запас радиотрасс превышает 10…20 дБ.

Большая часть радиооборудования (базовая инфраструктура) радиолиний CSD передачи данных систем стандарта GSM – собственность операторов сотовых систем, от которых пользователь находится в договорной зависимости. Радиооборудование радиолиний пакетной связи является, как правило, собственностью пользователя, и их трафик и работоспособность обеспечивает сам пользователь.

Стоимостные расчеты показывают, что при объеме передаваемых данных свыше 6 Мбайт/сут более выгодными являются радиоканалы пакетной связи, в противном случае – радиоканалы CSD сотовых систем GSM (расчеты проведены за один год использования радиоканалов, в стоимость радиостанции включены также стоимость антенн и антенно-фидерного оборудования, а также в затратах на трафик пакетных радиолиний учтены годовые затраты на оплату используемого частотного ресурса).

Список сокращений

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

CDMA – Code Division Multiple Access – кодовое разделение каналов.

CH – Channel – канал.

CTCSS – Continues Tone Coded Squelch System – система шумоподавления тональными последовательностями.

DCS – Digital Coded Squelch – цифровая система сигнализации.

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

FDD – Frequency Division Duplex – дуплекс с частотным разделением каналов.

FFSK – Fast Frequency Shift Keying – быстрая частотная манипуляция.

FSK – Frequency Shift Keying – частотная манипуляция.

FDMA – Frequency Division Multiple Access – множественный доступ с частотным разделением.

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

GSM – Group Special Mobile – группа экспертов подвижной связи.

GSM – Global System for Mobile Communication – глобальная система мобильной связи.

HDLC – Hiqht Data Link Control – протокол цифровой связи высокого уровня.

HS – HandSet – ручной телефон.

ISO – International Standards Organisation – 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).

OMC – Operation and Maintenance Centre – центр эксплуатации и обслуживания.

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

PABX – Private Automatic Branch Exchange – учрежденческая автоматическая телефонная станция.

PCM – Pulse Code Modulation – импульсно-кодовая модуляция.

PSU – Portable Subscriber Unit – портативная абонентская станция.

PTT – Push To Talk – тангента.

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 – дуплекс с временным разделением каналов.

TIA – Telecommunication Industry Association – промышленная ассоциация связи (США).

TNC – Tone Network Controller – контроллер пакетной связи.

Библиографический список

1. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз, 1997. – 238 с.

2. Лабутин Е.А. Пакетная связь: протокол АХ25 // Радио. – 1989. – № 3. – С. 10–13.

3. Лагутенко О.И. Современные модемы. – М.: Эко-Трендз, 2002. – 345 с.

4. Зеленский А.А., Солодовник В.Ф. Системы радиосвязи: Учеб. пособие: В 3 ч. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2003. – Ч. 3. – 89 с.

5. Системы мобильной связи: Учеб. пособие для вузов / В.П. Ипатов, В.К. Орлов, И.М. Самойлов, В.Н. Смирнов / Под ред. В.П. Ипатова. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 272 с.

6. Феер К. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. – М.: Радио и связь, 2000. – 432 с.

7. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2002. – 534 с.

8. Шевелев В.А., Семенов В.П. Распространение радиоволн: Учеб. пособие. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2005. – 105 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

1. РАДИОЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СОТОВЫХ СИСТЕМ СТАНДАРТА GSM 4

1.1. Радиолинии CSD систем стандарта GSM 4

1.2. Услуга GPRS систем стандарта GSM.....9

2. РАДИОЛИНИИ ПАКЕТНОЙ СВЯЗИ ПРОТОКОЛА AX25 18

2.1. Радиолинии с интеллектуальными радиомодемами 18

2.2. Радиолинии с модемами BayCom.....30

2.3. Радиолинии с программными модемами 34

2.4. Антенны пакетных радиолиний передачи данных.....42

2.5. Расчеты энергетики радиолиний передачи данных 45

3. ПРИМЕРЫ РАДИОЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.....50

3.1. Радиолинии сигнализации систем наземной радиосвязи..50

3.2. Система радиоэкологического мониторинга 53

Заключение 60

Список сокращений.....61

Библиографический список.....63

Солодовник Виктор Федорович

РАДИОЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Редактор Е.Ф. Сережкина

Св. план, 2006
Подписано в печать 27.01.2006
Формат 60×84 1/16. Бум. офс. № 2. Офс. печ.
Усл. печ. л. 3,6. Уч.-изд. л. 4,06. Т. 100 экз. Заказ 55. Цена свободная

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
“Харьковский авиационный институт”
61070, Харьков-70, ул. Чкалова, 17
http://www.khai.edu
Издательский центр «ХАИ»
61070, Харьков-70, ул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu