

# Системы документальной электросвязи и телематические службы

## Лекция № 14 Пакетный протокол для радиоканалов AX.25

доц. каф. СС и ПД, к.т.н. С. С. Владимиров

2016 г.

## Протокол AX.25

Протокол пакетной передачи данных, является изменённым X.25 для использования радиолюбителями. Используется радиолюбителями в любительских пакетных сетях. Буква А — означает amateur (любительский). Расширение связано с увеличением адресного пространства, чтобы входил 6-значный позывной + SSID (идентификатор от 0 до 15). Пример: RA0AAA-12.

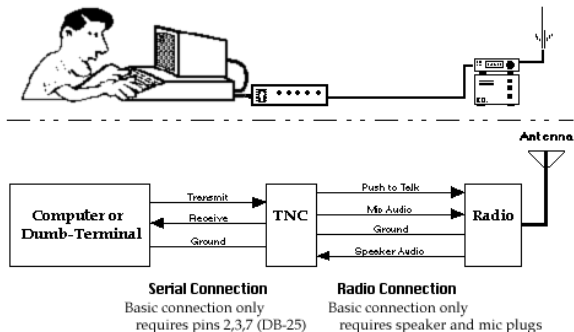
## Возможности AX.25

- ▶ установление логического канала для передачи данных с одним или несколькими абонентами и отслеживание его состояния;
- ▶ обеспечение безошибочности передачи данных по установленному каналу, методом подтверждения правильного приема порций информации и повтора искаженных;
- ▶ возможность согласования его средствами скорости передачи и скорости приема на другой стороне соединения.

# Схема включения оборудования AX.25

Практическая реализация аппаратуры для обмена данными по протоколу AX.25 в большинстве случаев сводится к устройству называемому TNC (Terminal Node Controller). Это, как правило, отдельный прибор, соединенный с компьютером или терминалом через последовательный порт и содержащий в себе средства поддержки протокола, а также оборудование для преобразования цифровых данных в аналоговые, пригодных для передачи радиостанцией в эфир. Передача сигнала в эфир происходит под управлением TNC, который переключает радиостанцию с передачи на прием, соотносясь с логикой протокола.

Существуют и менее функционально законченные реализации систем пакетного радио: это могут быть TNC, выполненные в виде периферийных устройств в конструктиве тех или иных компьютерных систем (например IBM PC) или просто модемного окончания, работающего с полностью программной реализацией AX.25 в компьютере, к которому оно подключено.



Учитывая, что протокол любительский, существует огромное количество более или менее «уникальных» реализаций TNC на различной элементной базе – на элементарных логических элементах и электронных компонентах; на специализированном микропроцессоре (например, коммуникационный процессор Motorola 68xxx); системы на основе ПЛИС; с использованием «универсальных» микроконтроллеров и микрокомпьютеров (Arduino, RPi и прочие).

## Basic Elements of Packet Radio



### 1. Hardware: Radio, TNC/modem, Computer

TNC can be implemented in software only on computer: interface uses analog/audio soundcard connection between computer and radio.

### 2. Encoding

- Computer<->TNC: serial port, ASCII (text) characters
- TNC<->Radio: typically two or three wires  
Audio Frequency Shift Keying (Bell 202, 1200 baud)  
1200 hz: mark, 2200 hz: space  
0: change in tone, 1: no change in tone
- Data Link: AX.25

Derived from X.25 communications packet protocol

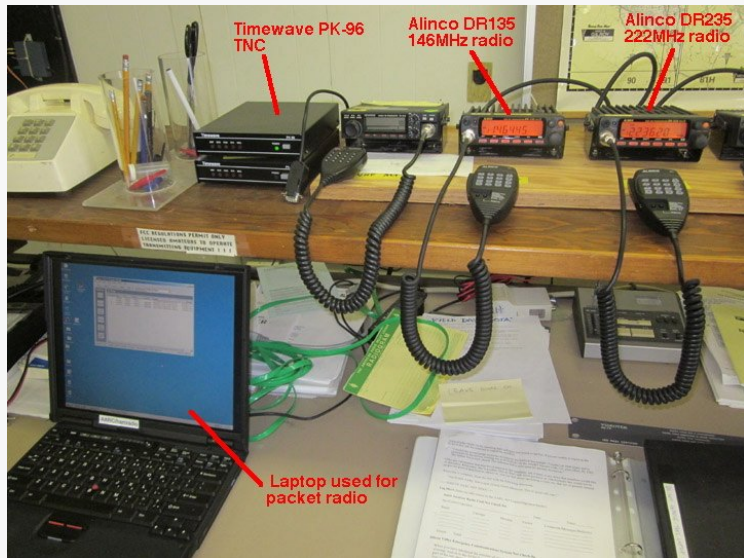


### 3. Applications

- SCC ARES/RACES: detailed reports (Situation Report, etc. using Outpost and PacForms)
- Automatic Packet Reporting System (APRS): a multi node system for reporting and recording packets that typically includes station ID and position/telemetry

ki6dhu-2014-02

# Примеры оборудования AX.25



## Примеры оборудования AX.25 (2)



Протокол обмена АХ.25 обеспечивает многостанционный (множественный) доступ в канал связи с контролем занятости. Все станции считаются равноправными. Прежде чем включиться в работу TNC станции проверяет, свободен или нет канал. Если занят, то канал проверяется до тех пор, пока не окажется свободным, и лишь после этого станция включается на передачу.

Изначально TNC с подключенным к нему компьютером и радиостанцией использовался для терминального доступа к удаленной системе, представляющей собой большую ЭВМ, способную обслуживать одного или нескольких пользователей. В таком качестве может выступать и персональный компьютер, на котором запущена программа эмуляции многопользовательской коммуникационной системы — АХ.25 BBS (Board Bulletin System).

Пользователь, желающий связаться с BBS, устанавливал соединение непосредственно с ней, а в случае отсутствия прямой радиовидимости — пользуясь дополнительным сервисом протокола АХ.25, пытался использовать имеющиеся на пути к своему корреспонденту другие пакетные системы в качестве ретрансляторов (Nodes, digipeaters).

Дальнейшее развитие логики пакетного радио вызвало необходимость распределения работающих станций на несколько одновременно функционирующих радиодиапазонов с сохранением возможности взаимодействия находящихся на них систем. Таким образом, возникла система узлов, одновременно работающих на нескольких частотных диапазонах и позволяющих станции, работающей только на одном из них, устанавливать соединение с корреспондентом, находящимся на других.

Наибольшего совершенства и гибкости пакетное радио достигло после привнесения в его практику протоколов компьютерных сетей TCP/IP, которые используют АХ.25 в качестве транспортной среды, передавая собственные данные «поверх» него. Системы, поддерживающие транспорт и сервис TCP/IP, в состоянии использовать практически любые из существующих каналов связи: выделенные и коммутируемые телефонные линии, локальные компьютерные сети, системы радиосвязи и т. д. Компьютер, подключенный к нескольким подобным каналам, в состоянии быть роутером (router), т. е. объединять их в единую логическую сетевую структуру.

Для соединения с абонентом нет необходимости вручную устанавливать с ним соединения, переходя по мере приближения к нему с узла на узел, как бы это делалось в простом АХ.25. Соединившись со своим роутером и получив доступ к системе TCP/IP, достаточно указать его сетевой адрес (позывной), и сервис TCP/IP автоматически выяснит его физическое подключение, установит соединение с ним и предоставит возможность общения с его системой. При этом будет использоваться весь совокупный коммуникационный ресурс системы, частью которой стала ваша машина и информация может следовать к корреспонденту самыми неожиданными путями и каналами, информация о которых постоянно отслеживается транспортным сервисом всей системы TCP/IP.

Информационный сервис систем TCP/IP представляет набор готовых унифицированных служб, начинающих работать сразу по установлению соединения с роутером. Туда входят: электронная почта, система терминального доступа, система доступа к файлам на специальных серверах, телеконференции (заочные и интерактивные), системы доступа к информационно-поисковым системам и базам данных и т. п.

Для глобальной связи на российском роутере `gw.raZarw.ampr.org`, выполняющего также функции Mailbox и Node, используется спутниковый 64 кбит/с канал Internet, что позволяет в режиме реального времени проводить конференции (international chat mode), обращаться к базам данных на оптических дисках, выходить на TCP/IP системы во всем мире, а через них в АХ.25 BBS, Node, DXClusters и т. д., отправлять почту (скорость доставки из Москвы в Нью-Йорк и обратно — менее одной минуты), получать программное обеспечение с удаленных серверов и многое другое. Важным достоинством TCP/IP систем является то, что для установления связи с корреспондентам не обязательно знать маршрут до него, система сама выбирает оптимальный маршрут и устанавливает соединение.



Для персональной идентификации каждая TCP/IP станция имеет свой уникальный IP адрес. В соответствии с принятым в профессиональной сети Internet стандартом, IP адрес состоит из четырехбайтной последовательности, где каждый байт дает определенную информацию к какой сети и подсети относится данная станция. IP адрес имеет иерархическую структуру, то есть крайний левый байт имеет максимальную значимость (определяет всю сеть), а крайний правый минимальную (определяет конкретную станцию в сети). Такое построение необходимо для маршрутизации информации как внутри одной сети, так и между разными компьютерными сетями. Все адреса радиолюбительских TCP/IP станций начинаются с номера 44. Например адрес TCP/IP станции RW3AH 44.178.1.7 расшифровывается так:

- ▶ 44 — радиолюбительская TCP/IP сеть;
- ▶ 178 — Россия;
- ▶ 1 — Москва;
- ▶ 7 — персональный номер.

IP адреса выдаются TCP/IP координаторами для каждой сети. Центральным координатором для всей радиолюбительской TCP/IP сети (44.XXX.YYY.ZZZ) является Brian Kantor, WB6CYT, который назначает национальных координаторов. Национальным координатором AMPR сети для России (44.178.YYY.ZZZ) является Карен Тадевосян, RA3APW.

Кроме IP адреса используются также понятия «hostname» и «domain name». В соответствии с соглашением, принятым в радиолюбительской TCP/IP сети, в качестве hostname используют позывной или комбинацию позывного с аббревиатурой, показывающей специфику TCP/IP станции.

Например:

- ▶ hostname RW3AH будет «rw3ah»;
- ▶ hostname Gateway RA3APW будет «gw.ra3apw»;
- ▶ hostname BBS VE3JF будет «bbs.ve3jf».

Понятие «Domain» определяет группу TCP/IP станций логически соединенных в единую сеть. Domain имя подобно IP адресу, части имени также разделены друг от друга точками, что также соответствует иерархической структуре имени, однако высшую иерархию имеет крайняя правая часть имени. Для радиолюбительской TCP/IP сети domain именем является «ampr.org», где «org» (org — сокращение от organization) имеет высшую иерархию, а «ampr» имеет более низкую иерархию и указывает на принадлежность к радиолюбительской TCP/IP сети (44.XXX.YYY.ZZZ). Полный IP имя (FQDN — Fully Qualified Domain Name) образуется путем соединения hostname и domain имени. Так, полное IP имя для RW3AH будет выглядеть так «rw3ah.ampr.org». Если станция имеет нескольких пользователей (например, если станция TCP/IP Mailbox), то в этом случае к полному IP имени добавляется зарегистрированное на этой станции имя и знак «@». Например, если RW3AG хочет получать (и отправлять) почту со станции «gw.ra3apw.ampr.org», то его почтовый адрес будет таким «rw3ag@gw.ra3apw.ampr.org».

- ▶ Статья "АХ.25". С сайта <https://ru.wikipedia.org>
- ▶ "АХ.25 Amateur Packet-Radio Link-Layer Protocol". С сайта <https://www.tapr.org>
- ▶ Matjaz Vidmar "History of АХ.25 in Slovenia ". С сайта <http://lea.hamradio.si>