

## **Протоколы канального уровня для выделенных линий**

Для передачи данных между маршрутизаторами, мостами или отдельными компьютерами с помощью выделенного канала необходимо решить, какие протоколы уровней выше физического необходимы для передачи сообщений с нужной степенью надежности и с возможностями управления потоком кадров для предотвращения переполнения соседних узлов.

Протокол SLIP(Serial Line IP) был первым стандартом де-факто, позволяющим устройствам, соединенным последовательной линией связи, работать по протоколам TCP/IP. Он был создан в начале 80-х.

Протокол SLIP выполняет единственную функцию — он позволяет в потоке бит, которые поступают по выделенному (или коммутируемому) каналу, распознать начало и конец IP-пакета. Помимо протокола IP, другие протоколы сетевого уровня SLIP не поддерживает.

Чтобы распознать границы IP-пакетов, протокол SLIP предусматривает использование специального символа END, значение которого в шестнадцатеричном представлении равно C0. Применение специального символа может породить конфликт: если байт пересылаемых данных тождественен символу END, то он будет ошибочно определен как признак конца пакета. Чтобы предотвратить такую ситуацию, байт данных со значением, равным значению символа END, заменяется составной двухбайтовой последовательностью, состоящей из специального символа ESC (DB) и кода DC. Если же байт данных имеет тот же код, что и символ SLIP ESC, то он заменяется двухбайтовой последовательностью, состоящей из собственно символа SLIP ESC и кода DD. После последнего байта пакета передается символ END.

Механизм формирования составных последовательностей показан на рис. Здесь приведены стандартный IP-пакет (один байт которого тождественен символу END, а другой — символу SLIP ESC) и соответствующий ему SLIP-пакет, который больше на 4 байта.

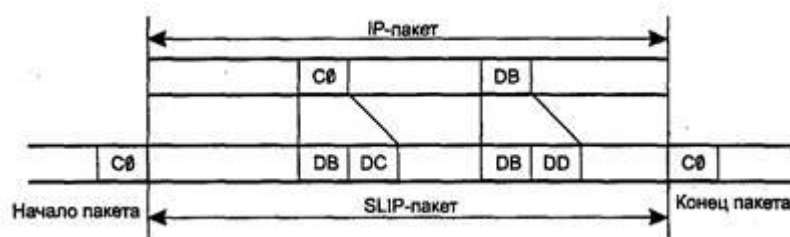


Рис. 1. Инкапсуляция IP-пакетов в SLIP-пакеты

Долгое время основным протоколом выделенных линий был протокол HDLC (High-level Data Link Control), имеющий статус стандарта ISO.

Основные принципы работы протокола HDLC: режим логического соединения, контроль искаженных и потерянных кадров.

Однако сегодня протокол HDLC на выделенных каналах вытеснил протокол «точка-точка», Point-to-Point Protocol, PPP.

Дело в том, что одна из основных функций протокола HDLC — это восстановление искаженных и утерянных кадров. Действительно, применение протокола HDLC обеспечивает снижение вероятности искажения бита с  $10^{-3}$ , что характерно для территориальных аналоговых каналов, до  $10^{-9}$ .

Однако сегодня популярны цифровые каналы, которые и без внешних процедур восстановления кадров обладают высоким качеством (величина вероятности искажения бита составляет  $10^{-8}$ - $10^{-9}$ ). Для работы по такому каналу восстановительные функции протокола HDLC не нужны.

Протокол PPP разработан группой IETF как часть стека TCP/IP для передачи кадров информации по последовательным глобальным каналам связи взамен устаревшего протокола SLIP. Протокол PPP стал фактическим стандартом для глобальных линий связи при соединении удаленных клиентов с серверами и для образования соединений между маршрутизаторами в корпоративной сети. При разработке протокола PPP за основу был взят формат кадров HDLC и дополнен собственными полями.

Основное отличие PPP от других протоколов канального уровня состоит в том, что он добивается согласованной работы различных устройств

с помощью переговорной процедуры, во время которой передаются различные параметры, такие как качество линии, протокол аутентификации и инкапсулируемые протоколы сетевого уровня. Переговорная процедура происходит во время установления соединения.

Протокол PPP основан на четырех принципах: переговорное принятие параметров соединения, многопротокольная поддержка, расширяемость протокола, независимость от глобальных служб.

Переговорное принятие параметров соединения. В корпоративной сети конечные системы часто отличаются размерами буферов для временного хранения пакетов, ограничениями на размер пакета, списком поддерживаемых протоколов сетевого уровня. Физическая линия, связывающая конечные устройства, может варьироваться от низкоскоростной аналоговой линии до высокоскоростной цифровой линии с различными уровнями качества обслуживания.

При установлении соединения два взаимодействующих устройства описывают свои возможности и требования. Затем на основании этой информации принимаются параметры соединения, устраивающие обе стороны, в которые входят форматы инкапсуляции данных, размеры пакетов, качество линии и процедура аутентификации.

Многопротокольная поддержка — способность протокола PPP поддерживать несколько протоколов сетевого уровня — обусловила распространение PPP как стандарта де-факто.

Расширяемость протокола. Под расширяемостью понимается как возможность включения новых протоколов в стек PPP, так и возможность использования собственных протоколов пользователей вместо рекомендуемых в PPP по умолчанию. Это позволяет наилучшим образом настроить PPP для каждой конкретной ситуации.

Независимость от глобальных служб. В стек PPP добавлены спецификации, позволяющие использовать PPP в любой технологии глобальных сетей, например ISDN, frame relay, X.25 и Sonet.

## **Глобальные связи на основе сетей с коммутацией каналов**

Выделенные линии представляют собой наиболее надежное средство соединения локальных сетей через глобальные каналы связи, так как вся пропускная способность такой линии всегда находится в распоряжении взаимодействующих сетей. Однако это и наиболее дорогой вид глобальных связей - при наличии  $N$  удаленных локальных сетей, которые интенсивно обмениваются данными друг с другом, нужно иметь  $\frac{Nx(N-1)}{2}$  выделенных линий. Для снижения стоимости глобального транспорта применяют динамически коммутируемые каналы, стоимость которых разделяется между многими абонентами этих каналов.

Наиболее дешевыми оказываются услуги телефонных сетей, так как их коммутаторы оплачиваются большим количеством абонентов, пользующихся телефонными услугами, а не только абонентами, которые объединяют свои локальные сети.

Телефонные сети делятся на аналоговые и цифровые в зависимости от способа мультиплексирования абонентских и магистральных каналов. Более точно, цифровыми называются сети, в которых на абонентских окончаниях информация представлена в, цифровом виде и в которых используются цифровые методы мультиплексирования и коммутации, а аналоговыми - сети, которые принимают данные от абонентов аналоговой формы, то есть от классических аналоговых телефонных аппаратов, а мультиплексирование и коммутацию осуществляют как аналоговыми методами, так и цифровыми. В последние годы происходил достаточно интенсивный процесс замены коммутаторов телефонных сетей на цифровые коммутаторы, которые работают на основе технологии TDM. Однако такая сеть по-прежнему останется аналоговой телефонной сетью, даже если все коммутаторы будут работать по технологии TDM, обрабатывая данные в цифровой форме, если абонентские окончания у нее останутся аналоговыми, а аналого-цифровое преобразование выполняется на ближней к абоненту АТС сети. Новая технология модемов V.90 смогла использовать факт существования

большого количества сетей, в которых основная часть коммутаторов являются цифровыми.

К телефонным сетям с цифровыми абонентскими окончаниями относятся так называемые службы Switched 56 (коммутируемые каналы 56 Кбит/с) и цифровые сети с интегральными услугами ISDN (Integrated Services Digital Network). Службы Switched 56 появились в ряде западных стран в результате предоставления конечным абонентам цифрового окончания, совместимого со стандартами линий T1. Эта технология не стала международным стандартом, и сегодня она вытеснена технологией ISDN, которая такой статус имеет.

Сети ISDN рассчитаны не только на передачу голоса, но и компьютерных данных, в том числе и с помощью коммутации пакетов, за счет чего они получили название сетей с интегральными услугами. Однако основным режимом работы сетей ISDN остается режим коммутации каналов, а служба коммутации пакетов обладает слишком низкой по современным меркам скоростью - обычно до 9600 бит/с. Поэтому технология ISDN будет рассмотрена в данном разделе, посвященном сетям с коммутацией каналов. Новое поколение сетей с интеграцией услуг, названное B-ISDN (от broadband - широкополосные), основано уже целиком на технике коммутации пакетов (точнее, ячеек технологии ATM), поэтому эта технология будет рассмотрена в разделе, посвященном сетям с коммутацией пакетов.

Пока географическая распространенность аналоговых сетей значительно превосходит распространенность цифровых, особенно в нашей стране, но это отставание с каждым годом сокращается.