

Аналоговые телефонные сети

Глобальные сети с **коммутацией каналов** создавались более ста лет назад для решения очень важной задачи — предоставления общедоступных телефонных услуг населению городов, сел и стран. Эта задача была с честью решена, и сегодня с помощью всемирной телефонной сети можно за несколько секунд связаться с нужным абонентом на другом континенте. Телефонные сети работают на основе **техники коммутации каналов**, при этом каждая пара разговаривающих абонентов предварительно устанавливает через телефонную сеть соединение, образуя в ней дуплексный канал. Для передачи пульсирующего компьютерного графика техника коммутации каналов оказалась не вполне адекватной, в результате была разработана **техника коммутации пакетов**. Однако сети с коммутацией каналов по-прежнему часто используют для передачи данных, чаще всего в качестве сетей доступа к сетям коммутации пакетов. Этот вариант применения связан с распространенностью телефонной сети — ее абонентские окончания есть сегодня в большинстве городских квартир. Другим вариантом использования телефонной сети для передачи данных является применение ее коммутируемого или полупостоянного канала в качестве промежуточного звена магистрали пакетной сети.

Первые телефонные сети были аналоговыми, так как в них абонентское устройство преобразовывало звуковые колебания в колебания электрического тока. Коммутаторы телефонной сети тоже передавали пользовательскую информацию в аналоговой форме, возможно только перенося эти сигналы в другую область частотного спектра с помощью **методов частотного уплотнения (FDM)**. Сегодня в таких сетях все чаще между телефонными коммутаторами (автоматическими телефонными станциями — АТС) используют передачу голоса в цифровой форме путем **мультиплексирования** пользовательских каналов **по времени**, т. е. с помощью методов **TDM**. Однако абонентские окончания остаются аналоговыми, что позволяет пользоваться теми же сравнительно простыми и недорогими аналоговыми телефонными аппаратами, что и раньше. Типичная структура аналоговой телефонной сети представлена на рис. 1.

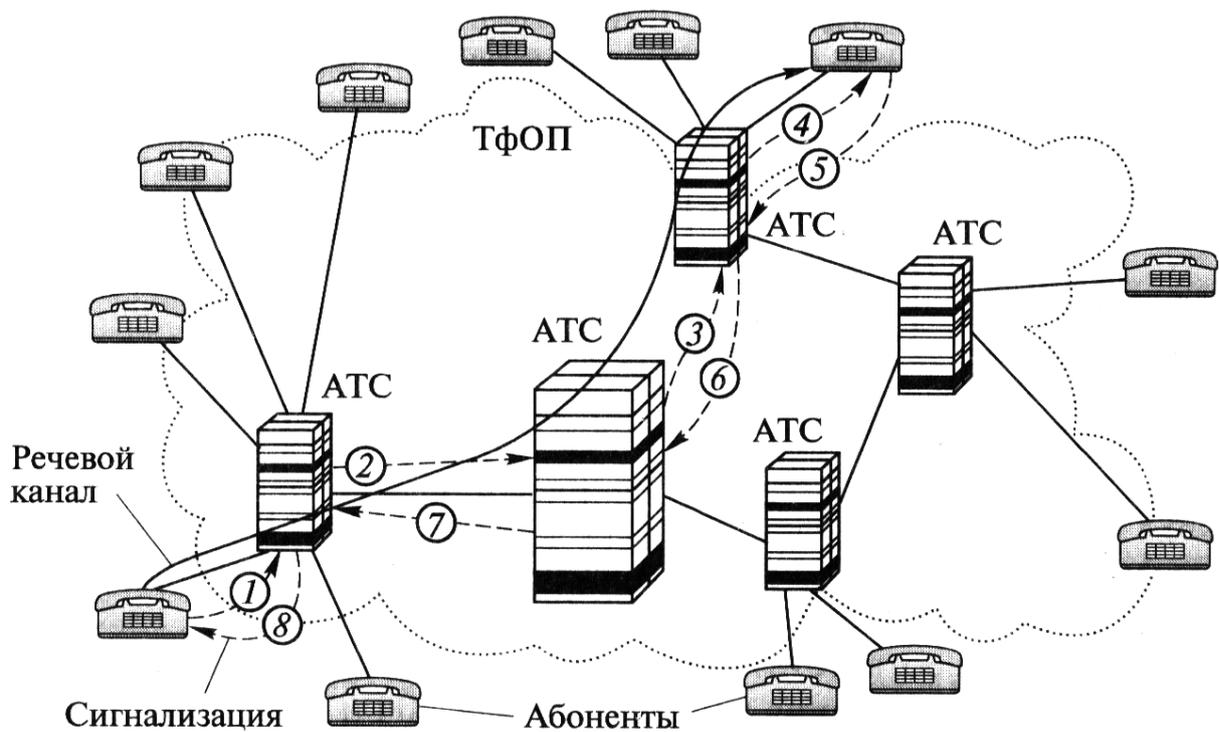


Рис. 1. Структура аналоговой телефонной сети

Сеть образована несколькими АТС, которые соединены между собой физическими каналами. Топология связей между АТС в общем случае носит произвольный характер. К АТС с помощью абонентских окончаний, которые представляют собой медные пары, подключают телефонные аппараты абонентов. Обычно длина абонентского окончания не должна превышать 1-2 км, отсюда возникает проблема «последней мили», которую нужно преодолеть при передаче данных с максимально возможной скоростью. **Отличительной особенностью телефонной сети является обязательная процедура предварительного установления соединения между абонентскими устройствами, в случае успеха которой в сети устанавливается канал между этими абонентами.** Эта процедура носит название **протокола сигнализации**. Существует много различных протоколов сигнализации, однако все они сводятся к одной общей схеме. Сначала телефон вызывающего абонента передает в сеть сообщение, в котором указан факт вызова и то, каким образом пересылается номер вызываемого абонента (этап 1 на рис. 1). Сообщение вызова обычно представляет собой последовательность замыканий и размыканий электрической цепи, образуемой проводами абонентского окончания (часто называемого шлейфом). В ответ на первое замыкание телефонный коммутатор подает на абонентскую цепь некоторое напряжение, которое воспроизводится в виде постоянного зуммера динамика телефонной трубки. Человек набирает в ответ на зуммер цифры вызываемого номера.

Существует несколько вариантов передачи номера.

При **импульсном** способе, принятом в нашей стране, каждая цифра передается соответствующим числом последовательных импульсов размыкания-замыкания частотой 10 или 20 Гц (рис. 2).

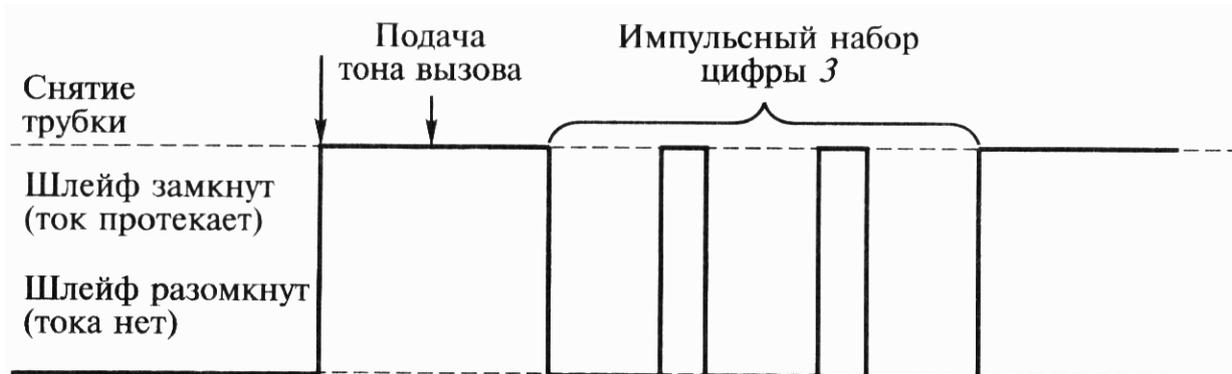


Рис. 2. Взаимодействие телефонного аппарата с АТС при вызове

При **тоновом** наборе для кодирования цифр используется комбинация двух частот, одна из низкочастотной группы (697, 770, 852 и 941 Гц) и одна из высокочастотной группы (1209, 1336 и 1477 Гц). Тоновый набор выполняется с частотой 10 Гц сигналами длительностью 50 мс с паузами также 50 мс. Так как одна цифра номера при **импульсном** наборе передается несколькими импульсами, а при **тоновом** наборе — одним сигналом, то скорость тонового набора в несколько раз выше, чем импульсного. После приема такого «сообщения» от телефонного аппарата первая АТС маршрутизирует его дальше (этапы 2, 3, 4). Так как АТС представляют собой гораздо более сложные, чем телефонный аппарат, устройства, они обычно используют более компактную форму представления данных вызова, например, в виде частотных сигналов или даже двоичных нулей или единиц. Каждая АТС передает сообщение вызова далее только в том случае, если в этом направлении у нее осталась свободной коммутационная емкость. В том случае, когда сообщение вызова дошло до АТС, к которой непосредственно подключен телефонный аппарат вызываемого абонента, то на абонентском окончании вновь, как и в самом начале, применяется сигнализация путем замыкания и размыкания шлейфа. На аппарат вызываемого абонента по шлейфу подается сигнал звонка, в результате телефон начинает звонить.

В обратном направлении также посылается соответствующее сообщение, в результате которого на аппарат вызывающего абонента приходят сигналы длинных гудков. Если вызываемый абонент снимет трубку (этап 5), то вызов считается принятым. Сообщение «соединение» передается в обратном направлении через промежуточные АТС, участвующие в прямом продвижении запроса, при этом происходит окончательная коммутация составного канала в пределах данной АТС (этапы 6, 7, 8). Далее по установленному через телефонную сеть каналу передается в дуплексном режиме голосовая информация. Если сеть является полностью аналоговой, то голос на всем пути следования передается в аналоговой форме, при этом каждая промежуточная

АТС выделяет ему канал шириной 3,1 кГц (канал тональной частоты), но перенесенный для мультиплексирования по частоте (FDM) в другой диапазон частот, например в диапазон от 60 до 108 кГц, если между АТС работает канал первого уровня уплотнения. Если же на пути составного канала встречаются цифровые АТС, то на их входе выполняется преобразование аналогового сигнала в цифровой, коммутация осуществляется методами TDM, а при передаче на аналоговую АТС информация претерпевает обратное преобразование в аналоговую форму.

В аналоговых телефонных сетях составной канал между абонентами имеет полосу пропускания 3,1 кГц, которая обусловлена методом мультиплексирования FDM и не может быть расширена. Для передачи данных по такому каналу и были созданы такие популярные устройства, как **модемы**. Модем обеспечивает преобразование цифровых сигналов компьютера в переменный ток частоты звукового диапазона – этот процесс называется **модуляцией**, а также обратное преобразование, которое называется **демодуляцией**. Отсюда название устройства: **МО**дулятор/**ДЕМ**одулятор. Для телефонной сети модемы являются терминальными устройствами, которые, как и телефоны, выполняют стандартную процедуру вызова абонента путем замыкания-размыкания шлейфа. Если у вызываемого абонента к телефонной сети также подсоединен модем, то он отвечает на вызов стандартным для телефонной сети способом, в результате чего устанавливается составной канал тональной частоты. Затем модемы его используют для установления соединения уже на логическом уровне, после чего начинают обмениваться данными, представленными в виде модулированных синусоид. Наивысшим достижением современных модемов на канале тональной частоты является достижение скорости в 33,6 кбит/с в том случае, когда на пути следования информации необходимо делать хотя бы одно аналого-цифровое преобразование, и 56 кбит/с в случае, когда информация подвергается только цифроаналоговому преобразованию. Такая асимметрия связана с тем, что аналого-цифровое преобразование вносит существенно более значительные искажения в передаваемые дискретные данные, чем цифроаналоговое. **Очевидно, что такие скорости нельзя назвать приемлемыми для большинства современных приложений, которые широко используют графику и другие мультимедийные формы представления данных.**

Для повышения качества каналов телефонных сетей до уровня, пригодного для высокоскоростной передачи данных, необходим переход от аналоговых телефонных сетей к цифровым, в которых на всех участках сети, начиная от абонентского окончания, голос передается в дискретной форме. Наиболее развитыми сетями такого типа являются сети с интегральными услугами **ISDN**, в которых не только осуществляется переход к полностью цифровой форме передачи голоса, но и значительно расширен набор предоставляемых абонентам сети услуг.