

## Лабораторная работа № 8

# Широкополосный абонентский доступ с использованием технологий xDSL.

**Цель работы:** познакомиться с общими принципами и стандартами технологий цифровой связи DSL; с основными аппаратными средствами DSL, получить навыки выбора оборудования для организации абонентского доступа с использованием DSL.

### Краткие теоретические сведения

#### *Технологии DSL*

Современный мир характеризуется наличием глобальных связей, и поэтому объединение компьютерных сетей между собой, а также с сетью Интернет, является одним из приоритетных направлений развития информационных технологий. Традиционные технологии, которые до настоящего времени разработаны для высокоскоростной передачи данных или доступа в сеть Интернет, достаточно дороги, причем не только на этапе внедрения, но и при эксплуатации, в то время как эффективные с экономической точки зрения технологии не обеспечивают необходимой пользователям скорости передачи данных. Увеличение потоков информации, передаваемых по сети Интернет компаниями и частными пользователями, а также потребность в организации удаленного доступа к корпоративным сетям, породили потребность в создании недорогих технологий цифровой высокоскоростной передачи данных по самому "узкому" месту цифровой сети – абонентской телефонной линии.

Медная абонентская телефонная линия, состоящая из пар витых проводов, которая изначально предназначалась только для обеспечения телефонной связи между различными абонентами, постепенно превращается в цифровую сеть широкополосных каналов, способных обеспечить передачу голоса, высокоскоростную передачу данных и поддерживать другие широкополосные телекоммуникационные службы. Поддержка работы такой сети требует не только наличия соответствующего оборудования, но и совершенно нового подхода к управлению работой абонентской телефонной сети. Новую ступень развития удалось преодолеть благодаря использованию технологий DSL.

Для конечных пользователей технологии DSL обеспечивают высокоскоростное и надежное соединение между сетями или с сетью Интернет, а телефонные компании получают возможность исключить потоки данных из своего коммутационного оборудования, оставляя его исключительно для традиционной телефонной связи.

Сокращение DSL расшифровывается как *Digital Subscriber Line* (цифровая абонентская линия). DSL является достаточно новой технологией, позволяющей значительно расширить полосу пропускания старых медных телефонных линий, соединяющих телефонные станции с индивидуальными абонентами. Любой абонент, пользующийся в настоящий момент обычной телефонной связью, имеет возможность с помощью технологии DSL значительно увеличить скорость своего соединения, например, с сетью Интернет. Следует помнить, что для организации линии DSL используются именно существующие телефонные линии; данная технология тем и хороша, что не требует прокладывания дополнительных телефонных кабелей. В результате получается круглосуточный доступ в сеть Интернет с сохранением нормальной работы обычной телефонной связи. Благодаря многообразию технологий DSL пользователь может выбрать подходящую именно ему скорость передачи данных – от 32 Кбит/с до более чем 50 Мбит/с. Данные технологии позволяют также использовать обычную телефонную линию для таких широкополосных систем, как видео по запросу или дистанционное обучение. Современные технологии DSL приносят возможность организации высокоскоростного доступа в Интернет в каждый дом или на каждое предприятие среднего и малого бизнеса, превращая обычные телефонные кабели в высокоскоростные цифровые каналы. Причем скорость передачи данных

зависит только от качества и протяженности линии, соединяющих пользователя и провайдера. При этом провайдеры обычно дают возможность пользователю самому выбрать скорость передачи, наиболее соответствующую его индивидуальным потребностям.

### ***Как работает DSL***

Телефонный аппарат соединяется с оборудованием телефонной станции с помощью витой пары медных проводов. Традиционная телефонная связь предназначена для обычных телефонных разговоров с другими абонентами телефонной сети. При этом по сети передаются аналоговые сигналы. Телефонный аппарат воспринимает акустические колебания (являющиеся естественным аналоговым сигналом) и преобразует их в электрический сигнал, амплитуда и частота которого постоянно изменяется. Так как вся работа телефонной сети построена на передаче аналоговых сигналов, проще всего, конечно же, использовать для передачи информации между абонентами или абонентом и провайдером именно такой метод. Именно поэтому в дополнение к компьютеру необходим модем, который позволяет демодулировать аналоговый сигнал и превратить его в последовательность нулей и единиц цифровой информации, воспринимаемой компьютером.

При передаче аналоговых сигналов используется только небольшая часть полосы пропускания витой пары медных телефонных проводов; при этом максимальная скорость передачи, которая может быть достигнута с помощью обычного модема, составляет около 56 Кбит/с. DSL представляет собой технологию, которая исключает необходимость преобразования сигнала из аналоговой формы в цифровую форму и наоборот. Цифровые данные передаются на компьютер именно как цифровые данные, что позволяет использовать гораздо более широкую полосу частот телефонной линии. При этом существует возможность одновременно использовать и аналоговую телефонную связь, и цифровую высокоскоростную передачу данных по одной и той же линии, разделяя спектры этих сигналов.

### ***Различные типы технологий DSL и краткое описание их работы***

DSL представляет собой набор различных технологий, позволяющих организовать цифровую абонентскую линию. Для того, чтобы понять данные технологии и определить области их практического применения, следует понять, чем эти технологии различаются. Прежде всего, всегда следует держать в уме соотношение между расстоянием, на которое передается сигнал, и скоростью передачи данных, а также разницу в скоростях передачи «нисходящего» (от сети к пользователю) и «восходящего» (от пользователя в сеть) потока данных. DSL объединяет под своей крышей следующие технологии.

#### ***ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line – асимметричная цифровая абонентская линия).***

Данная технология является асимметричной, то есть скорость передачи данных от сети к пользователю значительно выше, чем скорость передачи данных от пользователя в сеть. Такая асимметрия, в сочетании с состоянием «постоянно установленного соединения» (когда исключается необходимость каждый раз набирать телефонный номер и ждать установки соединения), делает технологию ADSL идеальной для организации доступа в сеть Интернет, доступа к локальным сетям (ЛВС) и т.п. При организации таких соединений пользователи обычно получают гораздо больший объем информации, чем передают.

Данная технология получила наибольшее распространение, т.к. именно она позволяет организовать высокоскоростную передачу данных на основе уже существующей телефонной линии. Эта задача была первоочередной при разработке данного стандарта.

Технология использует метод разделения полосы пропускания медной телефонной линии на несколько частотных полос (также называемых несущими).

При этом организуются три информационных канала – «нисходящий» поток передачи данных, «восходящий» поток передачи данных и канал обычной телефонной связи (POTS – Plain Old Telephone Service) ( рисунок 1). Канал телефонной связи выделяется с помощью фильтров, что гарантирует работу телефона даже при аварии соединения ADSL.

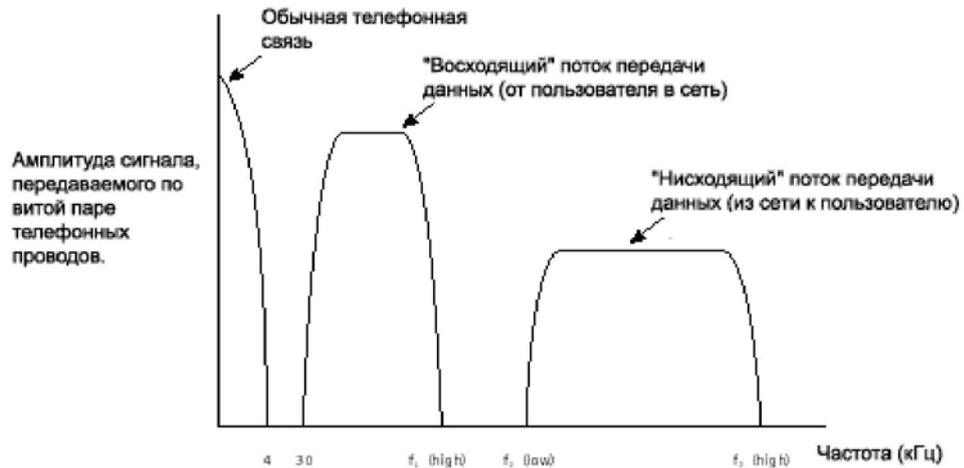


Рисунок 1. Это позволяет одновременно передавать несколько сигналов по одной линии. Этот процесс известен как частотное уплотнение линии связи (Frequency Division Multiplexing – FDM) (рисунок 2-1). При FDM один диапазон выделяется для передачи «восходящего» потока данных, а другой диапазон для «нисходящего» потока данных. Диапазон «нисходящего» потока в свою очередь делится на один или несколько высокоскоростных каналов и один или несколько низкоскоростных каналов передачи данных. Диапазон «восходящего» потока также делится на один или несколько низкоскоростных каналов передачи данных. Кроме этого может применяться технология эхокомпенсации (Echo Cancellation), при использовании которой диапазоны «восходящего» и «нисходящего» потоков перекрываются (рисунок 2-2) и разделяются средствами местной эхокомпенсации.

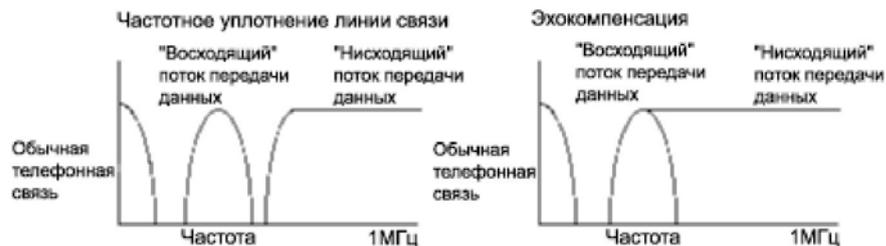


Рисунок 2. Пример реализации технологии представлен рисунке 3.



Рисунок 3.

Одним из основных преимуществ ADSL над другими технологиями высокоскоростной передачи данных является использование обычных витых пар медных проводов телефонных кабелей. Совершенно очевидно, что таких пар проводов насчитывается гораздо больше, чем, например, кабелей, проложенных специально для кабельных модемов. ADSL образует, если можно так сказать, «наложенную сеть». При этом дорогостоящей и отнимающей много времени модернизации коммутационного оборудования (как это необходимо для ISDN) не требуется.

Факторами, влияющими на скорость передачи данных, являются состояние абонентской линии (т.е. диаметр проводов, наличие кабельных отводов и т.п.) и ее протяженность. Затухание сигнала в линии увеличивается при увеличении длины линии и возрастании частоты сигнала, и уменьшается с увеличением диаметра провода. Фактически функциональным пределом для ADSL является абонентская линия длиной 3,5 – 5,5 км при толщине проводов 0,5 мм. В настоящее время технология ADSL обеспечивает скорость «нисходящего» потока данных в пределах от 1,5 Мбит/с до 8 Мбит/с и скорость «восходящего» потока данных от 128 Кбит/с до 1 Мбит/с. А технология ADSL2 (или ADSL2+) обеспечивает скорость «нисходящего» потока данных в пределах от 1,5 Мбит/с до 16(24) Мбит/с и скорость «восходящего» потока данных от 128 Кбит/с до 1,5 Мбит/с.

Полоса пропускания линии принадлежит пользователю целиком. В отличие от кабельных модемов, которые допускают деление полосы пропускания между всеми пользователями (что в значительной мере оказывает влияние на скорость передачи данных), технология ADSL предусматривает использование линии только одним пользователем.

Технология ADSL позволяет полностью использовать ресурсы линии. При обычной телефонной связи используется около одной сотой пропускной способности телефонной линии. Технология ADSL устраняет этот «недостаток» и использует оставшиеся 99% для высокоскоростной передачи данных. При этом для различных функций используются различные полосы частот. Для телефонной (голосовой) связи используется область самых низких частот всей полосы пропускания линии (приблизительно до 4 кГц), а вся остальная полоса используется для высокоскоростной передачи данных.

ADSL открывает совершенно новые возможности в тех областях, в которых в режиме реального времени необходимо передавать качественный видеосигнал. К ним относятся, например, организация видеоконференций, обучение на расстоянии и видео по запросу. Технология ADSL позволяет провайдерам предоставлять своим пользователям услуги, скорость передачи данных которых более чем в 100 раз превышает скорость самого быстрого на данный момент аналогового модема (56 Кбит/с) и более чем в 70 раз превышает скорость передачи данных в ISDN (128 Кбит/с).

Технология ADSL позволяет телекоммуникационным компаниям предоставлять частный защищенный канал для обеспечения обмена информацией между пользователем и провайдером.

Не следует забывать и о затратах. Технология ADSL эффективна с экономической точки зрения хотя бы потому, что не требует прокладки специальных кабелей, а использует уже существующие двухпроводные медные телефонные линии.

**R-ADSL** (*Rate-Adaptive Digital Subscriber Line* – цифровая абонентская линия с адаптацией скорости соединения).

Технология R-ADSL обеспечивает такую же скорость передачи данных, что и технология ADSL, но при этом позволяет адаптировать скорость передачи к протяженности и состоянию используемой витой пары проводов. При использовании технологии R-ADSL соединение на разных телефонных линиях будет иметь разную скорость передачи данных. Скорость передачи данных может выбираться при синхронизации линии, во время соединения или по сигналу, поступающему от станции.

**G.Lite (ADSL.Lite)** представляет собой более дешёвый и простой в установке вариант технологии ADSL, обеспечивающий скорость «нисходящего» потока данных до 1,5 Мбит/с и скорость «восходящего» потока данных до 512 Кбит/с или по 256 Кбит/с в обоих направлениях.

**IDSL** (*ISDN Digital Subscriber Line* – цифровая абонентская линия ISDN).

Технология IDSL обеспечивает полностью дуплексную передачу данных на скорости до 144 Кбит/с. В отличие от ADSL возможности IDSL ограничиваются только передачей данных. Несмотря на то, что IDSL, также как и ISDN, использует модуляцию 2B1Q, между ними имеется ряд отличий. В отличие от ISDN линия IDSL является некоммутируемой линией, не приводящей к увеличению нагрузки на коммутационное оборудование провайдера. Также линия IDSL является «постоянно включенной» (как и любая линия, организованная с использованием технологии DSL), в то время как ISDN требует установки соединения.

**HDSL** (*High Bit-Rate Digital Subscriber Line* – высокоскоростная цифровая абонентская линия).

Технология HDSL предусматривает организацию симметричной линии передачи данных, то есть скорости передачи данных от пользователя в сеть и из сети к пользователю равны. Благодаря скорости передачи (1,544 Мбит/с по двум парам проводов и 2,048 Мбит/с по трем парам проводов) телекоммуникационные компании используют технологию HDSL в качестве альтернативы линиям T1/E1. (Линии T1 используются в Северной Америке и обеспечивают скорость передачи данных 1,544 Мбит/с, а линии E1 используются в Европе и обеспечивают скорость передачи данных 2,048 Мбит/с.) Хотя расстояние, на которое система HDSL передает данные (а это порядка 3,5 - 4,5 км), меньше, чем при использовании технологии ADSL, для недорогого, но эффективного, увеличения длины линии HDSL телефонные компании могут установить специальные повторители. Использование для организации линии HDSL двух или трех витых пар телефонных проводов делает эту систему идеальным решением для соединения АТС, серверов Интернет, локальных сетей и т.п. Технология HDSL2 является логическим результатом развития технологии HDSL. Данная технология обеспечивает характеристики, аналогичные технологии HDSL, но при этом использует только одну пару проводов.

**SDSL** (*Single Line Digital Subscriber Line* – однолинейная цифровая абонентская линия).

Также как и технология HDSL, технология SDSL обеспечивает симметричную передачу данных со скоростями, соответствующими скоростям линии T1/E1, но при этом технология SDSL имеет два важных отличия. Во-первых, используется только одна витая пара проводов, а во-вторых, максимальное расстояние передачи ограничено 3 км. В пределах этого расстояния технология SDSL обеспечивает, например, работу системы организации видеоконференций, когда требуется поддерживать одинаковые потоки передачи данных в оба направления. В определенном смысле технология SDSL является предшественником технологии HDSL2.

**SHDSL** (*Symmetric High Speed Digital Subscriber Line* – симметричная высокоскоростная цифровая абонентская линия).

Наиболее современный тип технологии DSL, нацелен прежде всего на обеспечение гарантированного качества обслуживания, то есть при заданной скорости и дальности передачи данных обеспечить уровень ошибок не хуже  $10^{-7}$  даже в самых неблагоприятных шумовых условиях. Этот стандарт является развитием HDSL, поскольку он позволяет передавать цифровой поток по одной паре.

Технология SHDSL имеет несколько важных преимуществ по сравнению с HDSL. Прежде всего, это лучшие характеристики (в отношении предельной длины линии и запаса по шумам) за счет применения более эффективного кода, механизма предварительного кодирования, более совершенных методов коррекции и улучшенных параметров интерфейса. Эта технология спектрально совместима и с другими технологиями DSL. Поскольку новая система использует более эффективный линейный код по сравнению с HDSL, то при любой скорости сигнал SHDSL занимает более узкую полосу частот, чем соответствующий той же скорости сигнал HDSL. Поэтому, создаваемые системой SHDSL, помехи для других систем DSL имеют меньшую мощность по сравнению с помехами от HDSL. Спектральная плотность сигнала SHDSL имеет такую форму, что он оказывается спектрально совместим с сигналами ADSL. В результате этого,

по сравнению с однопарным вариантом HDSL, SHDSL позволяет повысить на 35—45% скорость передачи при той же дальности или увеличить дальность на 15—20% при той же скорости.

**VDSL** (*Very High Bit-Rate Digital Subscriber Line* – сверхвысокоскоростная цифровая абонентская линия).

Технология VDSL является наиболее «быстрой» технологией xDSL. Она обеспечивает скорость передачи данных «нисходящего» потока в пределах от 13 до 52 Мбит/с, а скорость передачи данных «восходящего» потока в пределах от 1,5 до 2,3 Мбит/с, причем по одной витой паре телефонных проводов. В симметричном режиме поддерживаются скорости до 26 Мбит/с. Технология VDSL может рассматриваться как экономически эффективная альтернатива прокладыванию волоконно-оптического кабеля до конечного пользователя. Однако, максимальное расстояние передачи данных для этой технологии составляет от 300 метров до 1300 метров. То есть, либо длина абонентской линии не должна превышать данного значения, либо оптоволоконный кабель должен быть подведен поближе к пользователю (например, заведен в здание, в котором находится много потенциальных пользователей). Технология VDSL может использоваться с теми же целями, что и ADSL; кроме того, она может использоваться для передачи сигналов телевидения высокой четкости (HDTV), видео по запросу и т.п.

Технологии DSL, позволяющие передавать голос, данные и видеосигнал по существующей кабельной сети, состоящей из витых пар телефонных проводов, наилучшим образом отражают потребность пользователей в высокоскоростных системах передачи.

Во-первых, технологии DSL обеспечивают высокую скорость передачи данных. Различные варианты технологий DSL обеспечивают различную скорость передачи данных, но в любом случае эта скорость гораздо выше скорости самого быстрого аналогового модема. Во-вторых, технологии DSL оставляют возможность пользоваться обычной телефонной связью, несмотря на то, что используют для своей работы абонентскую телефонную линию.

В таблице 1 представлены основные характеристики технологий DSL.

Таблица 1.

Технология	Скорость передачи	Кодирование	Дальность
IDSL	64 Kbps - 128 Kbps	2B1Q	~ 12 км
HDSL	1,544 Mbps; 2,048 Mbps	2B1Q или CAP	~ 6,5 км
SDSL	144 Kbps - 2 Mbps	2B1Q или CAP	до 3 км
SHDSL (G.shdsl)	192 Kbps - 2,32 Mbps	TC-PAM	~ 6 км
ADSL (2, 2+)	128 Kbps - 1,5 Mbps восходящий 1,5 Mbps - 24 Mbps нисходящий	DMT	~ 5,5 км
VDSL	128 Kbps - 2,32 Mbps восходящий 13 Mbps - 52 Mbps нисходящий	QAM или DMT	до 1,3 км

### Задание на работу

1. Используя пакет NetCracker, изучить состав и функциональные характеристики стандартного набора оборудования DSL.
2. В соответствии с вариантом задания построить сеть предприятия с использованием технологий DSL, исходя из расчета минимизации стоимости проектируемой сети.
3. Для полученной модели сети задать необходимые типы потоков данных между рабочими станциями и серверами и произвести имитационное моделирование работы сети.
4. Проанализировать среднюю загрузку сетевого оборудования и среды передачи данных и время ответа для потока данных. Указать участки сети, уязвимые к перегрузкам, и определить средства повышения надежности функционирования сети.

Таблица 2. Варианты заданий.

№ варианта	Тип инфраструктуры	Тип трафика
1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	1
5	1	3
6	2	4
7	3	1
8	4	2
9	1	4
10	2	1
11	3	2
12	4	3
13	1	1
14	2	2
15	3	3

Таблица 3. Тип инфраструктуры.

№ варианта	Количество зданий	Расстояние между зданиями, м	Количество этажей	Количество комнат на этаже
1	2	1300	4	3
2	2	4000	3	3
3	3	3500	3	3
4	3	2000	2	3

Таблица 4. Тип моделируемого трафика.

№ варианта	Количество файловых серверов	Количество HTTP-серверов	Количество FTP-серверов	Количество серверов баз данных
1	3	1	2	2
2	3	2	1	2
3	2	1	2	3
4	2	2	1	3

### Литература

1. Кулаков Ю.А., Омелянский С. В. Компьютерные сети. Выбор, установка, использование и администрирование – К.: Юниор, 1999.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. 2-е издание – СПб.: Питер, 2003.
3. <http://www.xdsl.ru>