



В этой главе...

- Приводятся начальные сведения о коммутаторах
- Описаны компоненты коммутатора
- Рассмотрено, где располагаются коммутаторы уровня доступа
- Описано расположение коммутаторов уровня распределения
- Рассмотрено, где располагаются коммутаторы базового уровня

Коммутаторы

В настоящей главе приводится краткий сравнительный анализ концентраторов и современной технологии коммутации. В ней описаны физические компоненты и характеристики *коммутаторов*, светодиодные индикаторы (LED) и их назначение. Также рассмотрен процесс инициализации коммутатора, подсоединение консоли и справочная система, вызываемая из командной строки. Основное внимание уделяется различным типам и моделям коммутаторов, иерархическому проектированию сети и использованию коммутаторов на уровнях доступа, распределения и на базовом уровне.

Рекомендуется также выполнить лабораторные работы (e-Lab Activities), ознакомиться с видеоклипами (Videos) и фотографиями (PhotoZooms), которые находятся на прилагаемом к книге компакт-диске. Эти приложения дополняют материал книги и помогают лучше усвоить используемые понятия и методы.

Обзор коммутаторов

Коммутатор представляет собой сетевое устройство 2-го уровня, которое выполняет функции точки концентрации для соединения между собой рабочих станций, серверов, маршрутизаторов, концентраторов и других коммутаторов.

Концентратор (hub) представляет собой концентраторное устройство традиционного типа, которое, как и коммутатор, предоставляет несколько портов для соединения между собой других устройств. Концентраторы уступают коммутаторам в своих возможностях вследствие того, что подсоединенные к ним устройства остаются в одном и том же домене и при одновременной передаче возникают коллизии. Кроме того, концентраторы могут работать только в полудуплексном режиме, т.е. в каждый конкретный момент они могут либо только передавать, либо только получать данные.

Коммутаторы можно рассматривать как многопортовые мосты, которые являются стандартными для современных технологий локальных сетей Ethernet (local-area network — LAN), использующих звездообразную топологию. Коммутаторы обеспечивают выделенные виртуальные каналы типа “точка-точка” между каждыми двумя подсоединенными сетевыми устройствами, поэтому при одновременной передаче коллизий не происходит. Коммутаторы могут работать в дуплексном режиме; это означает, что они могут одновременно получать данные и отправлять их. Понимание характера работы коммутаторов и умение их конфигурировать являются важным фактором для поддержки работы сети.

Локальные сети LAN охватывают пространство одного помещения, одного здания или нескольких близко расположенных зданий. Группа близко расположенных зданий, принадлежащих одной организации, в сетевой терминологии часто называется кампусом. При проектировании более крупных сетей LAN полезно исходить из следующих положений:

- На уровне доступа осуществляется подключение конечных пользователей к сети LAN;
- На уровне распределения осуществляется соединение между собой LAN-сетей конечных пользователей в котором реализуются определенные политики;
- На базовом уровне осуществляется кратчайшее соединение между точками распределения.

По мере того, как сеть увеличивается до размеров кампуса, возникает необходимость в использовании различных типов коммутаторов локальных сетей. На каждом уровне требуется свой тип коммутатора, который наилучшим образом решает задачи данного уровня. Функции и технические характеристики каждого коммутатора зависят от того, для какого уровня предназначен этот коммутатор. Правильный выбор наилучшего для данного уровня коммутатора обеспечивает максимальную эффективность работы сети для ее пользователей.

Понимание роли каждого уровня и выбор соответствующего типа коммутатора являются важными факторами эффективного проектирования сети LAN.

Включение коммутатора

Превращение отключенного или нового коммутатора в функционирующий коммутатор, управляющий передачей данных в сети, включает в себя выполнение ряда действий. В следующем разделе описаны эти действия, а также тестирование начальной загрузки коммутатора и другие операции по подготовке коммутатора к конфигурированию и вводу в действие.

Включение коммутатора Catalyst

Коммутатор представляет собой специализированный выделенный компьютер, в котором имеется модуль центрального процессора (central processing unit — CPU), оперативная память (random-access memory — RAM) и операционная система. Как показано на рис. 6.1, коммутатор обычно имеет несколько портов для подсоединения рабочих станций, а также специализированные управляющие порты. Для управления коммутатором, просмотра и изменения конфигурации осуществляется подсоединение через консольный порт, как показано на рис. 6.2.

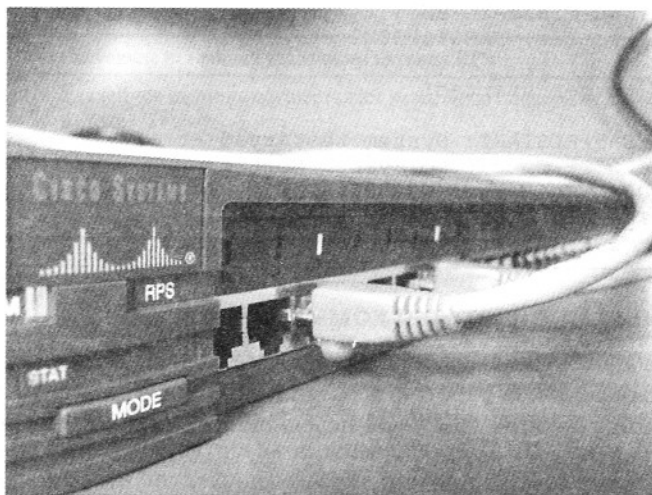


Рис. 6.1. Порты коммутатора Cisco

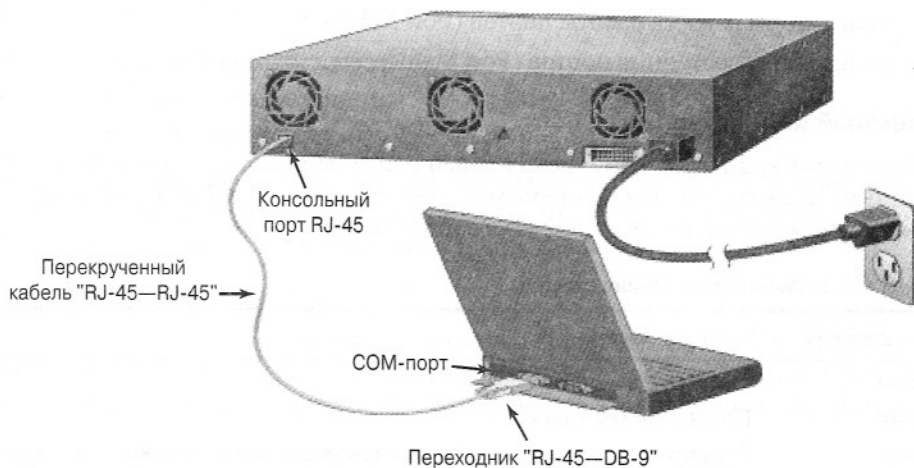


Рис. 6.2. Консольное подключение

Обычно коммутаторы не имеют выключателя питания, а просто подключаются к источнику питания или отключаются от него. В примере 6.1 приведен начальный вывод интерфейса командной строки (command-line interface — CLI) коммутатора Cisco.

Пример 6.1 Начальные сообщения коммутатора Cisco

```

32K bytes of flash-simulated non-volatile configuration memory
Base Ethernet MAC address: 00:04:4D:D2:3D:00
Motherboard assembly number:73-3382-08
Power supply part number:34-0834-01
Motherboard serial number: FAB044685H5
Power supply serial number: DAB04283EPL
Model revision number: A0
Motherboard revision number: C0
  
```

```
Model number: WS-C2924-XL-EN
System serial number: FAB0447S0M2
```

```
Press RETURN to get started!
```

```
00:00:27: %SYS-5-RESTART: System restarted -
Cisco Internetwork Operating System Software
IOS (tm) C2900XL Software (C2900XL-C3H2S-M), Version 12.0(5.2)XU,
MAINTENANCE INTERIM SOFTWARE
Copyright (c) 1986-2000 by Cisco Systems, Inc.
```

Светодиодные индикаторы коммутатора

На передней панели коммутатора имеется несколько индикаторов, предназначенных для наблюдения за работой коммутатора. Они представляют собой светодиоды (light emitting diode — LED). На передней панели коммутатора расположены следующие индикаторы:

- системный индикатор;
- индикатор подачи внешнего удаленного питания (Remote power supply — RPS)
- индикаторы режима работы портов (Port Mode)
- индикаторы состояния портов (Port Status).

Системный индикатор LED

Системный индикатор LED, показанный ранее на рис. 6.1, указывает, включено ли питание коммутатора и характеризует правильность его работы. В табл. 6.1 приведены возможные состояния системного индикатора.

Таблица 6.1. Индикатор состояния системы

Цвет индикатора	Состояние системы
Не горит	На систему не подано питание
Зеленый	Нормальное состояние
Желтый	Питание на систему подано, однако она функционирует некорректно

Индикатор подачи удаленного питания RPS

Индикатор подачи удаленного питания показывает, подается ли на систему напряжение от удаленного источника. Он также характеризует состояние системы при включенном удаленном источнике питания. В табл. 6.2 описано, какое состояние системы соответствует каждому цвету индикатора.

Таблица 6.2. Цвета индикатор удаленного питания

Цвет индикатора	Состояние источника удаленного питания RPS
Не горит	Удаленное питание RPS отключено или соответствующий модуль на коммутаторе не установлен
Постоянный зеленый	Удаленное питание RPS подается на коммутатор и он функционирует в нормальном режиме

Окончание табл. 6.2

Цвет индикатора	Состояние источника удаленного питания RPS
Мигающий зеленый	Удаленное питание осуществляет резервную поддержку другого коммутатора в стеке
Постоянный желтый	Удаленное питание RPS подключено, но работает некорректно
Мигающий желтый	Внутренний источник питания коммутатора не функционирует. Коммутатор работает от удаленного источника питания RPS

Индикатор режима работы порта LED

Индикатор режима работы порта указывает текущее состояние кнопки Mode. Режимы используются для того, чтобы правильно интерпретировать показания индикаторов состояния порта LED. Для выбора или изменения режима порта следует нажимать на кнопку режима (Mode) до тех пор, пока индикаторы режима не отобразят требуемый режим. Индикаторы состояния порта LED могут иметь различные значения, в зависимости от текущего значения индикатора режима порта (Mode LED) (см. табл. 6.3). Кнопка режима (Mode) на передней панели коммутатора используется для указания того, как следует интерпретировать цвет индикатора порта.

Кнопка режима (Mode) имеет три состояния:

- STAT (состояние холостого хода);
- UTL (режим использования);
- FDUP (дуплексный режим).

Мигание индикатора состояния оранжевым светом, обычно означает, что имеются какие-то аппаратные проблемы с портом, модулем или коммутатором. Это же происходит в случае аварийного состояния порта или модуля.

Индикатор состояния порта

Каждый порт имеет свой индикатор состояния порта LED (Port Status LED или Port LED). Эти индикаторы отображают информацию о состоянии коммутатора и его отдельных портов. В табл. 6.3 описаны все возможные режимы портов коммутатора.

Таблица 6.3. Отображение режимов работы портов индикаторами состояния

Режим индикатора LED	Порт	Описание режима
STAT	Состояние холостого хода	Этот режим является стандартным
UTIL	Коммутатор работает в обычном режиме	Коммутатор использует текущее значение полосы пропускания
DUPLX	Дуплексный режим работы порта	Этот режим может быть полудуплексным или дуплексным
SPEED	Скорость передачи на порте	Операционная скорость порта (например, 10 или 100 Мбит/с для портов 10/100)

Для выбора или изменения режима работы порта следует нажимать кнопку режима Mode до тех пор, пока индикатор не отобразит требуемый режим работы порта. Для включения отображенного на индикаторе режима следует отпустить кнопку режима Mode. В табл. 6.4 описано значение каждого цвета индикатора режима порта в различных режимах работы коммутатора.

Таблица 6.4. Отображение режима порта индикаторами состояния в различных режимах

Индикатор LED режима работы	Цвет индикатора	Описание
STAT Состояние холостого хода	Свечение отсутствует	Канал не функционирует
	Постоянный зеленый	Канал функционирует в обычном (холостом) режиме
	Мерцающий зеленый	Прием или передача данных
	Поочередно зеленый/желтый	Пересылка данных по каналу
UTIL Использование коммутатора	Постоянный желтый	Порт не пересылает данные
	Зеленый	Текущий уровень использования задней панели
	Желтый	Максимальный уровень использования задней панели
DUPLX Дуплексный или полудуплексный режим работы порта	Зеленый и желтый	Если все индикаторы LED горят зеленым цветом, то это означает, что коммутатор использует 50% или более всей полосы пропускания.
	Свечение отсутствует	При снижении уровня использования цвет меняется на желтый
	Свечение отсутствует	Полудуплексный режим
SPEED Скорость порта (для портов 10/100 Мбит/с)	Зеленый	Дуплексный режим
	Свечение отсутствует	Порт функционирует на скорости 10 Мбит/с
	Зеленый	Порт функционирует на скорости 100 Мбит/с

Поведение индикаторов порта LED во время автотестирования коммутатора

После подсоединения кабеля питания коммутатор начинает выполнять ряд тестов, в совокупности называемых автотестированием при включении питания (power-on self test — POST). Эти тесты выполняются автоматически для проверки правильности функционирования коммутатора. Системный индикатор указывает на успешное прохождение теста POST или на наличие неисправностей. Если системный индикатор не горит, но питание на коммутатор подано, то это означает, что идет тестирование. Если системный индикатор горит зеленым светом, то это означает, что тестирование прошло успешно. Если системный индикатор горит желтым светом, то тест не пройден. Неудачное прохождение теста является неустранимой ошибкой. В этом случае нельзя рассчитывать на надежную работу коммутатора.

При прохождении коммутатором теста POST цвет индикатора состояния порта (Port Status LED) также меняется. Индикатор светится желтым цветом в течение примерно 30 секунд, пока коммутатор анализирует топологию сети и ищет петли. Если индикатор состояния порта начинает светиться зеленым, то это означает, что коммутатор установил канал между данным портом и устройством-получателем, таким, например, как компьютер. Если индикатор гаснет, то это свидетельствует о том, что к порту не подсоединено никакое устройство.

Вывод информации о первоначальной загрузке коммутатора

Для того, чтобы сконфигурировать коммутатор или проверить его состояние, необходимо подключить компьютер к коммутатору и установить связь между ними. Для этого используется перекрученный кабель, который подсоединяется к консольному порту на задней панели коммутатора и к СОМ-порту на задней панели компьютера. При этом используется тот же кабель, и выполняются те же действия, которые осуществляются при подсоединении консольного порта маршрутизатора.

После этого на компьютере следует запустить программу HyperTerminal. На рис. 6.3 показано окно этой программы.

При первом конфигурировании связи с коммутатором через Hyper Terminal необходимо ввести имя соединения. После этого следует в выпадающем меню выбрать СОМ-порт, к которому подсоединен коммутатор, и нажать кнопку ОК, как показано на рис. 6.4. При этом отображается второе окно диалога. Далее требуется установить параметры, как показано на рис. 6.5 и нажать кнопку ОК.

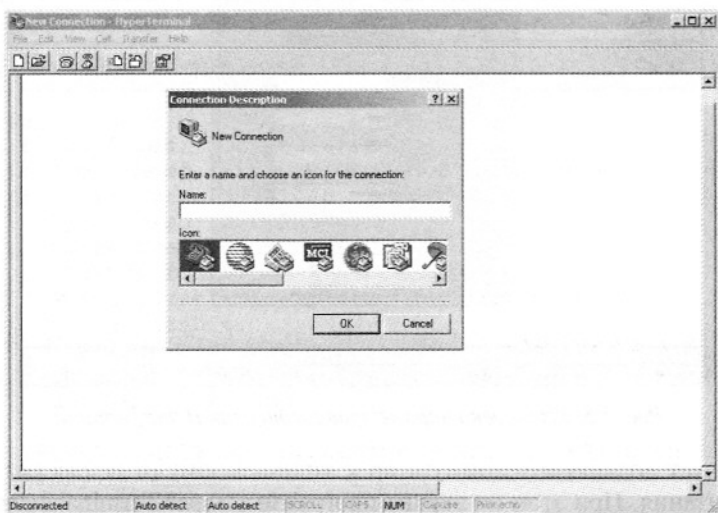


Рис. 6.3. Окно программы HyperTerminal

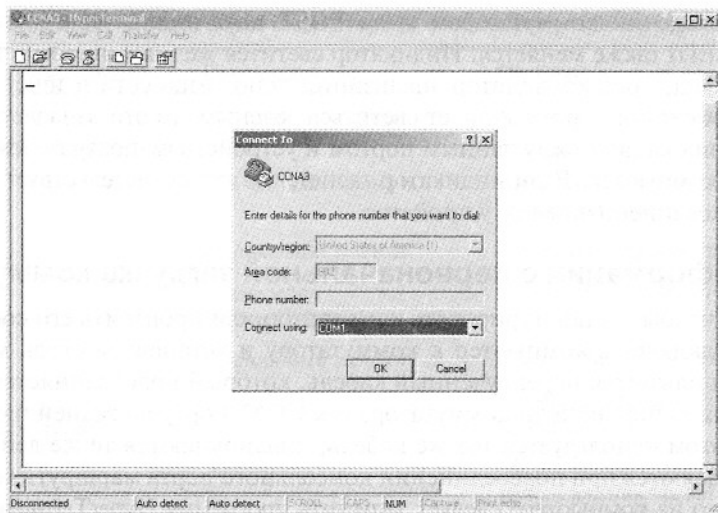


Рис. 6.4. Присвоение имени сеансу HyperTerminal

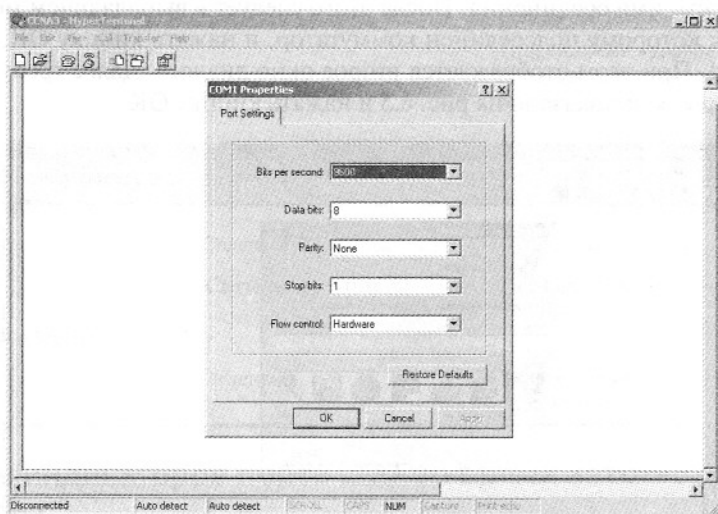


Рис. 6.5. Установка параметров соединения HyperTerminal

Далее следует подключить коммутатор к защищенному от всплесков напряжения источнику питания. При этом на экране программы Hyper Terminal выводятся загрузочные данные коммутатора. Далее следует проанализировать этот начальный загрузочный вывод. В нем отображается информация о коммутаторе, подробности состояния, полученные с помощью теста POST и информация об аппаратном обеспечении коммутатора.

В примерах 6.2-6.4 приведены различные варианты вывода загрузочной информации коммутатора.

Пример 6.2 Загрузка и инициализация

```
C2950 Boot Loader (CALHOUN-HBOOT-M) Version 12.0(5.3)WC(1),
MAINTENANCE INTERIM
SOFTWARE
Compiled Mon 30-Apr-01 07:56 by devgoyal
WS-C2950-24 starting...
Base ethernet MAC Address: 00:08:e3:2e:e6:00
Xmodem file system is available.
Initializing Flash...
flashfs[0]: 162 files, 3 directories
flashfs[0]: 0 orphaned files, 0 orphaned directories
flashfs[0]: Total bytes: 7741440
flashfs[0]: Bytes used: 2961920
flashfs[0]: Bytes available: 4779520
flashfs[0]: flashfs fsck took 6 seconds.
...done initializing flash.
Boot Sector Filesystem (bs:) installed, fsid: 3
Parameter Block Filesystem (pb:) installed, fsid: 4
Loading "flash:c2950-c3h2s-mz.120-5.3.WC.1.bin"...
#####
#####

File "flash:c2950-c3h2s-mz.120-5.3.WC.1.bin" uncompressed and
installed,
entry point: 0x80010000
executing...
```

Пример 6.3 Данные автотестирования POST

```
Initializing flashfs...
flashfs[1]: 162 files, 3 directories
flashfs[1]: 0 orphaned files, 0 orphaned directories
flashfs[1]: Total bytes: 7741440
flashfs[1]: Bytes used: 2961920
flashfs[1]: Bytes available: 4779520
flashfs[1]: flashfs fsck took 6 seconds.
flashfs[1]: Initialization complete.
Done initializing flashfs.
C2950 POST: System Board Test : Passed
C2950 POST: Ethernet Controller Test : Passed
C2950 POST: MII TEST : Passed

cisco WS-C2950-12 (RC32300) processor (revision B0) with 22260K
bytes of memory.
Processor board ID FOC0605W0BH
Last reset from system-reset
```

Пример 6.4 Завершение инициализации

```
Processor is running Enterprise Edition Software
Cluster command switch capable
Cluster member switch capable
12 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
```

```

32K bytes of flash-simulated non-volatile configuration memory.
Base ethernet MAC Address: 00:08:E3:2E:E6:00
Motherboard assembly number: 73-5782-08
Power supply part number: 34-0965-01
Motherboard serial number: FOC060502HP
Power supply serial number: PHI05500C5D
Model revision number: B0
Motherboard revision number: B0
Model number: WS-C2950-12
System serial number: FOC0605W0BH

```

Press RETURN to get started!

C2950 INIT: Complete

После того, как коммутатор загрузится и выполнит тест POST, появляется диалоговое окно конфигурирования системы (System Configuration). Это конфигурирование может быть выполнено вручную с помощью диалогового окна конфигурирования или окна установки. Диалоговое окно конфигурирования коммутатора проще чем аналогичное окно маршрутизатора. Вход в диалоговый режим установки может быть произведен в любой момент путем ввода в командной строке команды **setup**.

Получение справки из командной строки интерфейса коммутатора

Интерфейс командной строки коммутатора Cisco аналогичен интерфейсу командной строки маршрутизатора Cisco.

Команда вызова справочной системы представляет собой вопросительный знак. При вводе этой команды в командной строке выводится список доступных команд текущего режима, как показано на рис. 6.5.

Пример 6.5. Вывод по команде? (help) вызова справочной системы

```

Switch>?
access-enable      Create a temporary Access-List entry
access-profile    Apply user-profile to interface
clear             Reset functions
connect           Open a terminal connection
disable           Turn off privileged commands
disconnect        Disconnect an existing network connection
enable            Turn on privileged commands
exit              Exit from the EXEC
help              Description of the interactive help system
lat               Open a lat connection
lock              Lock the terminal
login             Log in as a particular user
logout            Exit from the EXEC
mtrace            Trace reverse multicast path from destination to
source
name-connection  Name an existing network connection
pad               Open a X.29 PAD connection

```

```
ping          Send echo messages
ppp          Start IETF Point-to-Point Protocol (PPP)
--more--
```

Команда вызова справки может использоваться весьма гибко. Для получения списка команд, начинающихся с некоторой последовательности символов, достаточно ввести несколько символов этой последовательностью и сразу вслед за ними вопросительный знак (?). Такая форма вызова справки называется вызовом слова, поскольку команда дополняет введенные символы до полного слова. При использовании контекстно-зависимой справки пробел (или его отсутствие) имеет смысловое значение. Например, для получения списка опций команды **show** для коммутатора следует ввести команду **show** с последующим пробелом и вопросительным знаком, как показано в примере 6.6. В примере 6.7 показано, как вывести команды начинающиеся с буквы *r* путем ввода этой буквы и вопросительного знака (пробел в данном случае не используется).

Пример 6.6. Вывод по команде show ?

```
Switch>show ?

class-map      Show QoS Class Map
clock          Display the system clock
diags          Show runtime diagnostic info
exception      exception information
flash:         display information about flash: file system
history        Display the session command history
hosts          IP domain-name, lookup style, nameservers, and host
table
location       Display the system location
policy-map     Show QoS Policy Map
--more--
Example 6-7Keyword Help Command
Switch>show r?

Rmon
Switch>show r_
```

Как показано в примере 6.6, для того, чтобы вывести ключевые слова или аргументы какой-либо команды, следует ввести вместо ключевого слова или аргумента вопросительный знак. Перед ним следует ввести пробел. Такая форма вызова справки называется справкой синтаксиса команды, поскольку она показывает, какие ключевые слова и аргументы используются с командой, ключевыми словами и аргументами, которые уже введены в командной строке.

Как и маршрутизаторы, коммутаторы имеют несколько режимов ввода команд. По умолчанию устанавливается пользовательский режим EXEC, который характеризуется наличием в конце командной строки символа ">". Доступные в этом режиме команды ограничены командами установок терминала, выполнения базовых тестов и отображением системной информации.

Команда **enable** используется для перехода из пользовательского режима EXEC в привилегированный режим EXEC.

Привилегированный режим EXEC характеризуется наличием в конце командной строки символа “#”, как показано ниже.

```
Switch#
```

Набор команд привилегированного режима EXEC включает в себя команды пользовательского режима EXEC, а также команды **configure terminal**, **configure memory** или **configure network**, с помощью которых можно получить доступ к другим командным режимам. Поскольку эти режимы используются для конфигурирования коммутатора, для предотвращения несанкционированного доступа к привилегированному режиму EXEC должен быть защищен паролем. Если системный администратор установил пароль, то для получения доступа к привилегированному режиму EXEC пользователю предлагается ввести пароль. Этот пароль не отображается на экране и чувствителен к регистру. В примере 6.7 приведен список команд, доступных в привилегированном режиме EXEC.

Пример 6.7. Команды привилегированного режима EXEC

```
Switch#?
Exec commands:
access-enable      Create a temporary Access-List entry
access-profile     Apply user-profile to interface
access-template    Create a temporary Access-List entry
Archive            manage archive files
clear              Reset functions
clock              Manage the system clock
configure          Enter configuration mode
connect            Open a terminal connection
copy               Copy from one file to another
debug              Debugging functions (see also 'undebug')
delete             Delete a file
dir                List files on a filesystem
disable            Turn off privileged commands
disconnect         Disconnect an existing network connection
enable             Turn on privileged commands
erase              Erase a filesystem
--More--
```

Следует обратить внимание на то, что эти команды отличаются от доступных в пользовательском режиме Exec.

Коммутаторы сетей и иерархическое проектирование сети

Иерархический подход к проектированию сети состоит в разделении достаточно сложной задачи проектирования на ряд меньших и легче решаемых задач. Каждый уровень возникающей структуры решает свой собственный набор задач, что позволяет оптимизировать используемое аппаратное и программное обеспечение для решения конкретных, присущих этому уровню задач. Устройства самого нижнего уровня предназначены для приема данных и передачи их в сеть для последующей обработки на более высоких уровнях. Корпорацией Cisco предлагается трехуровневый подход к решению задачи проектирования сети.

В этой трехуровневой модели проектирования сетевые устройства и соединения между ними группируются и подразделяются на три уровня: базовый уровень, уровень распределения и уровень доступа, как показано на рис. 6.6. Как и эталонная модель OSI, эта трехуровневая модель является концептуальной конструкцией, т.е. абстрактной картиной сети.

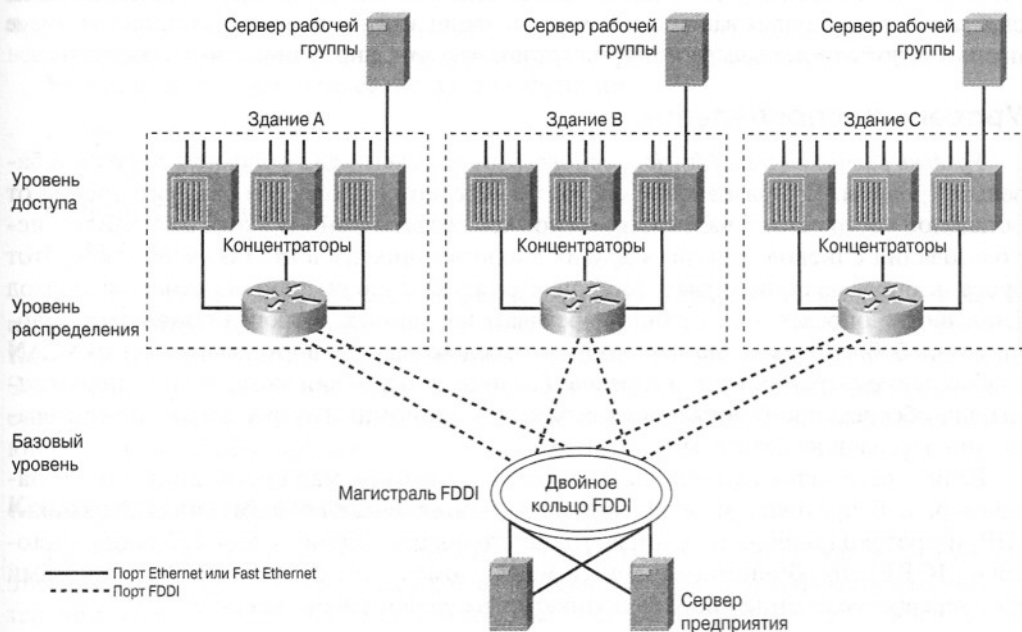


Рис. 6.6. Иерархическая модель проектирования сети

Полезность уровневых моделей определяется их модульностью. Поскольку устройства одного уровня выполняют аналогичные и четко очерченные функции, сетевой администратор может легко добавлять, заменять и удалять отдельные элементы сети. Такая гибкость и адаптируемость позволяют в процессе проектирования создавать легко масштабируемую сеть.

Этот подход может быть применен при проектировании любой сети. Необходимо принимать во внимание, что три вышеупомянутых уровня модели могут реализовываться в виде отдельных физических устройств, однако это не является обязательным. Эти уровни определяются для облегчения процесса проектирования и создания эффективной сети путем четкого определения требуемых функций сети.

В то же время, понимание уровневых моделей может осложняться тем, что конкретная реализация каждого уровня зависит от конкретной сети. Каждый уровень трехуровневой модели может воплощаться в виде маршрутизатора, коммутатора, соединения или их комбинации. В действительности функции каких-либо уровней могут быть объединены в одном устройстве или, наоборот, какой-либо из уровней может отсутствовать.

В последующих трех разделах каждый уровень рассматривается более подробно.

Базовый уровень

Назначение базового уровня состоит в создании оптимизированной и надежной транспортной структуры для передачи данных с большими скоростями. Иными словами, *базовый уровень (core layer)* должен передавать данные максимально быстро. Устройства этого уровня не должны быть загружены выполнением таких операций, как проверка списков доступа, шифрование данных, трансляция адресов и других функций, которые препятствуют *коммутации (switching)* пакетов с максимально возможной скоростью.

Уровень распределения

Уровень распределения (distribution layer) расположен между уровнем доступа и базовым уровнем. Его назначение состоит в отделении процессов базового уровня от остальной части сети. В частности, он должен создать границу входа в сеть путем использования списков доступа и других фильтрующих средств. Таким образом, этот уровень определяет политику доступа к сети. Под политикой понимается подход к обработке определенных типов передаваемых данных, включая обновления маршрутов, обобщение маршрутов, данных, передаваемых по виртуальным сетям VLAN и обобщение (агрегирование) адресов. Различные политики могут быть использованы для обеспечения безопасности сети и для экономии ресурсов путем предотвращения передачи нежелательных данных.

Если в сети используются два или более протокола маршрутизации, такие, например, как протокол маршрутной информации (Routing Information Protocol — RIP) и протокол маршрутизации внутреннего шлюза (Interior Gateway Routing Protocol — IGRP), то обмен информацией между доменами с различными протоколами и ее перераспределение также выполняются на уровне распределения.

Уровень доступа

На уровне доступа (access layer) происходит передача данных в сеть и осуществляется входной контроль. Через этот уровень конечные пользователи получают доступ к сети. Выступая в качестве “парадной двери” уровень доступа использует списки доступа, которые предназначены для предотвращения доступа к сети несанкционированных пользователей. Уровень доступа также предоставляет доступ к узлам удаленных сетей с использованием технологий распределенных сетей, таких как Frame Relay, ISDN или выделенные линии.

Обзор уровня доступа в коммутируемых локальных сетях

Создание LAN-сети, которая удовлетворит потребности средних и крупных организаций значительно облегчается, если при ее проектировании используется иерархическая модель. Использование такой модели также значительно облегчает внесение в сеть изменений по мере роста организации.

Уровень доступа является точкой входа в сеть для рабочих станций пользователей и серверов. В кампусной LAN в качестве устройства уровня доступа может выступать концентратор или коммутатор. Если используется концентратор, то доступная полоса пропускания используется совместно всеми устройствами. Если используется коммутатор, то полоса пропускания является выделенной для каждой пары устройств, осуществляющих соединение.

Если две или более рабочих станции или два сервер непосредственно подсоединены к портам коммутатора, то вся полоса пропускания соединения с коммутатором предоставляется компьютерам, осуществляющим соединение. Если два или более компьютера подсоединены к концентратору, то каждому компьютеру предоставляется полоса пропускания, равная общей полосе пропускания, поделенной на количество подсоединенных к концентратору компьютеров. Концентратор может быть подсоединен к порту коммутатора. В этом случае полоса пропускания используется совместно всеми устройствами, подсоединенными к порту коммутатора через концентратор.

Уровень доступа выполняет следующие функции:

- предоставление совместно используемой полосы пропускания;
- предоставление коммутируемой полосы пропускания;
- фильтрация на MAC-уровне;
- *микросегментация*.

Фильтрация на MAC-уровне позволяет коммутаторам направлять фреймы непосредственно на порт коммутатора, соединенный с требуемым устройством-получателем. Коммутатор создает небольшие сегменты 2-го уровня, называемые микросегментами. Эти коллизийные домены могут включать в себя всего лишь два устройства (т.е. устройство-получатель и соединенный с ним порт коммутатора). На уровне доступа используются коммутаторы 2-го уровня.

Коммутаторы уровня доступа

Как показано на рис. 6.7, коммутаторы уровня доступа функционируют на 2-м уровне эталонной модели OSI и, в частности, предоставляют службу виртуальных локальных сетей (*virtual LAN — VLAN*). Главной целью коммутатора уровня доступа является соединение конечных пользователей с сетью. Коммутатор уровня доступа должен выполнять эту функцию с минимальными затратами и максимальной плотностью портов.

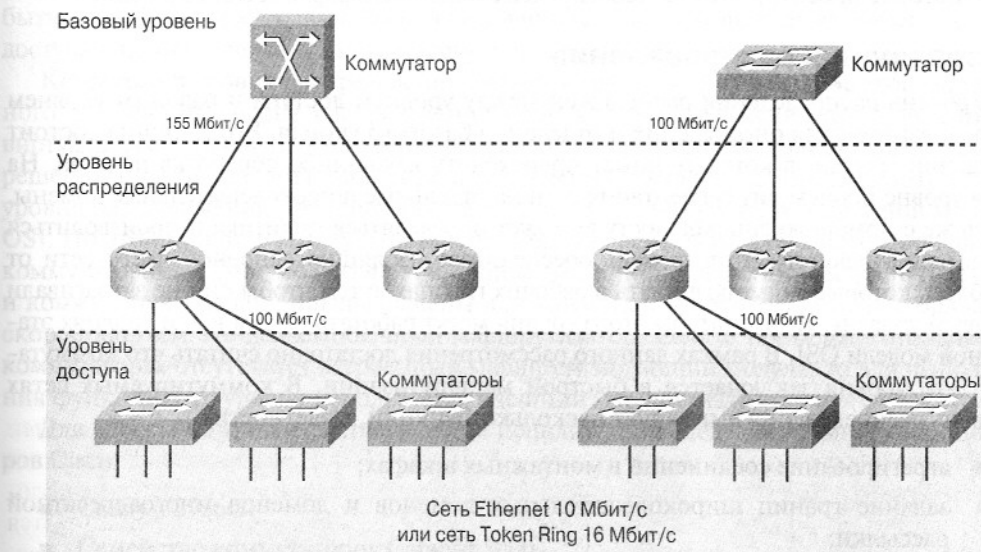


Рис. 6.7. Коммутаторы уровня доступа

На уровне доступа обычно используются следующие модели коммутаторов Cisco:

- Catalyst 1900;
- Catalyst 2820;
- Catalyst 2950;
- Catalyst 4000;
- Catalyst 5000.

Функции этих коммутаторов уровня доступа описаны в табл. 6.5.

Модели 1900 и 2820 являются эффективными устройствами доступа в небольших или средних сетях кампусов. Использование модели Catalyst 2950 целесообразно для обеспечения доступа серверов и пользователей, которым требуется широкая полоса пропускания. Это становится возможным благодаря наличию у этой модели портов Fast Ethernet. Модели коммутаторов Catalyst 4000 и 5000 имеют порты Gigabit Ethernet и являются эффективными устройствами доступа для большого количества пользователей в крупных кампусных сетях.

В сетях большего размера, чем сети кампусов, на уровне доступа удаленные узлы получают доступ к корпоративной сети с помощью технологий распределенных сетей, таких как Frame Relay, ISDN, абонентские цифровые каналы (xDSL) или по выделенным линиям.

Часто ошибочно полагают, что три рассматриваемых уровня (базовый, распределения и доступа) должны быть явно выражены конкретными физическими устройствами, однако это не является обязательным. На самом деле эти три уровня определяются для успешного проектирования сети и четкого определения функций, которые должна выполнять сеть. Конкретный способ реализации этих уровней зависит от потребностей проектируемой сети. Однако важно помнить, что для того, чтобы сеть оптимально функционировала и сохраняла масштабируемость по мере ее роста, в процессе ее проектирования должен быть соблюден иерархический принцип.

Обзор уровня распределения

Уровень распределения расположен между уровнем доступа и базовым уровнем и предназначен для определения и отделения базового уровня. Его функция состоит в задании границ, в которых может происходить какая-либо обработка пакетов. На этом уровне происходит сегментация сети на отдельные широковещательные домены. Здесь же с помощью списков доступа может определяться политика и производиться фильтрация пакетов. Этот уровень обеспечивает изоляцию основной части сети от проблем, которые могут возникать в рабочих группах, с тем чтобы они не затрагивали базовый уровень. Коммутаторы этого уровня могут работать на 2-м и 3-м уровнях эталонной модели OSI. В рамках данного рассмотрения достаточно считать что коммутация 3-го уровня заключается в быстрой маршрутизации. В коммутируемых сетях уровень распределения выполняет несколько функций, в частности:

- агрегирование соединений в монтажных шкафах;
- задание границ широковещательных доменов и доменов многоадресной рассылки;
- VLAN-маршрутизация;

- все переходы из одной среды передачи в другую;
- обеспечение безопасности.

Таблица 6.5. Коммутаторы уровня доступа

Коммутатор Catalyst	Тип коммутатора	Поддерживаемые уровни модели OSI	Количество портов Ethernet	Количество портов Fast Ethernet	Количество портов Gigabit Ethernet	Масштаб предприятия
Модель 1900	Фиксированная конфигурация	2-й уровень	12 или 24	2	0	Малое/среднее
Модель 2820	Модульные платы расширения	2-й уровень	24	2	0	Малое/среднее
Модель 2950	Фиксированная конфигурация	2-й уровень	0	Конфигурируются 12 или 24 скорости передачи	0 или 2	Малое/среднее
Модель 4000	Несколько модульных слотов на каждом шасси	2-й и 3-й	0	Конфигурируемые порты — до 240	Конфигурируемые порты — до 240	Среднее/крупное
Модель 5000	Несколько модульных слотов на каждом шасси	2-й и 3-й	0	Зависит от выбранной конфигурации системы	Зависит от выбранной конфигурации и системы	Среднее/крупное

Коммутаторы уровня распределения

Коммутаторы уровня распределения представляют собой точки концентрации (агрегирования) нескольких коммутаторов уровня доступа. Эти коммутаторы должны быть способны обрабатывать весь объем данных, поступающих от устройств уровня доступа и поэтому должны иметь высокую производительность.

Коммутатор уровня распределения является граничной точкой широкополосного домена. На уровне распределения происходит объединение потоков данных виртуальных локальных сетей; этот уровень является фокусной точкой для принятия решений о политике доступа к сети и управления потоками данных. Коммутаторы уровня распределения работают как на 2-м, так и на 3-м уровнях эталонной модели OSI. По этой причине коммутаторы этого уровня часто называют многоуровневыми коммутаторами. Они соединяют в одном устройстве функции маршрутизатора и коммутатора, однако предназначены для коммутации потоков данных с большей скоростью, чем это делает обычный маршрутизатор. Если в таких многоуровневых коммутаторах отсутствует встроенный маршрутизирующий модуль, то для выполнения функций 3-го уровня используется внешний маршрутизатор.

Для работы на уровне распределения используются следующие типы коммутаторов Cisco:

- Catalyst 2926G;
- Семейство коммутаторов Catalyst 5000;
- Семейство коммутаторов Catalyst 6000.

Устройствам уровня распределения требуется меньшее количество *интерфейсов* (*interfaces*) и меньшая скорость коммутации, чем коммутаторам базового уровня, поскольку им приходится обрабатывать меньшие объемы данных. Тем не менее молниеносная скорость на базовом уровне становится бесполезной, если низкая скорость уровня распределения не позволяет пользователям получать быстрый доступ к нему.

Уровень распределения отделяет друг от друга уровень доступа и базовый уровень и помогает четко очертить их соответствующие функции (рис. 6.8). Этот уровень определяет границы функциональной области, в которой происходят операции с пакетами. В среде кампуса уровень распределения может выполнять несколько функций, в частности:

- агрегирование адресов или зон;
- управление доступом на уровне отдела или рабочей группы;
- определение границ широковещательной и многоадресной рассылки;
- управление маршрутизацией сетей VLAN;
- все переходы из одной среды передачи в другую;
- обеспечение безопасности.

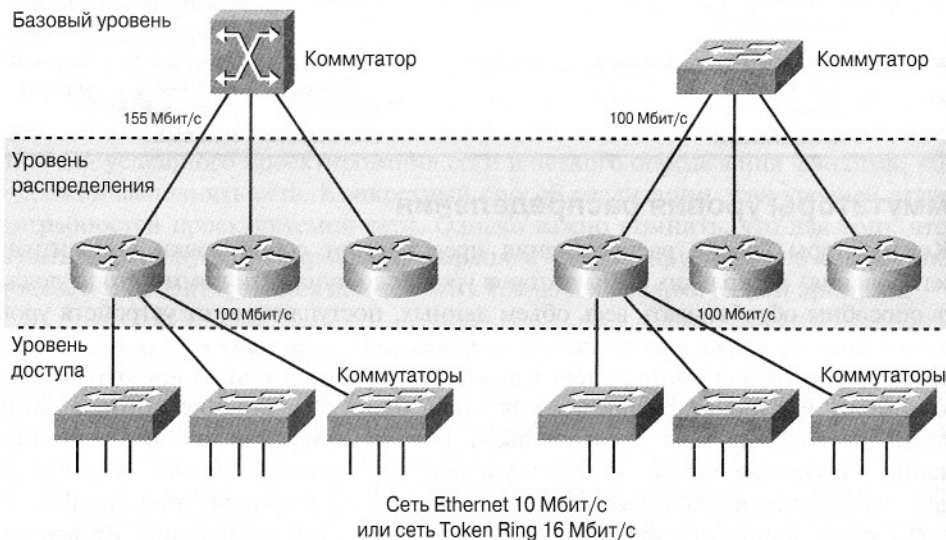


Рис. 6.8. Коммутатор уровня распределения

В средах, не являющихся сетями кампусов, уровень распределения может быть точкой перераспределения между доменами маршрутизации или точкой демаркации между протоколами статической и динамической маршрутизации. Он может также быть точкой доступа с удаленных узлов к корпоративной сети.

В целом уровень распределения можно охарактеризовать как уровень, на котором обеспечиваются соединения пользователей в соответствии с принятой в сети политикой.

Обзор базового уровня

Поскольку базовый уровень является центральной частью сети, он должен быть спроектирован для быстрой и надежной работы. Использование на базовом уровне списков доступа нежелательно, поскольку они вносят дополнительную задержку. Более того, сам доступ конечных пользователей к базовому уровню весьма нежелателен. В качестве аналогии можно привести яблоко: невозможно добраться до косточек, не проникнув сначала через его кожуру. В иерархической сети данные конечных пользователей должны попадать на маршрутизаторы базового уровня только после того, как они прошли уровни доступа и распределения, где к ним могут быть применены списки доступа. Поскольку маршрутизация на базовом уровне осуществляется без использования списков доступа, трансляции адресов и других операций с пакетами, может показаться, что для выполнения столь простой задачи достаточно даже и маломощных маршрутизаторов. Однако верно как раз обратное — на этом уровне используются самые мощные маршрутизаторы Cisco, поскольку в них используются самые быстрые технологии коммутации и они имеют наибольшее количество физических интерфейсов.

Коммутаторы базового уровня

Как показано на рис. 6.9, базовый уровень является магистралью сети кампуса использующей коммутацию. Коммутаторы этого уровня могут использовать ряд технологий 2-го уровня. Если расстояния между коммутаторами базового уровня невелики, то для связи коммутаторов между собой может использоваться технология Ethernet. Также могут использоваться и другие технологии 2-го уровня, такие как асинхронный режим передачи ячеек (Asynchronous Transfer Mode — ATM). При проектировании сети в качестве базового уровня может быть использован уровень маршрутизации (3-й уровень). Коммутаторы базового уровня должны при необходимости обеспечивать эффективное выполнение функций 3-го уровня. Перед тем, как выбрать базовый коммутатор, следует рассмотреть такие факторы как потребности сети, стоимость коммутатора и его производительность.

Для работы на базовом уровне используются следующие модели коммутаторов Cisco:

- Catalyst 6500;
- Catalyst 8500;
- IGX 8400;
- Lightstream.

Представленные на рынок корпорацией Cisco в качестве маршрутизаторов базового уровня для предприятий, маршрутизаторы моделей 7000, 7200 и 7500 обеспечивают максимальные доступные скорости коммутации. Маршрутизатор модели 12000 также является маршрутизатором базового уровня, однако он в первую очередь предназначен для удовлетворения потребности в маршрутизации провайдеров служб Internet (Internet service providers — ISP). Если компания не занимается предоставлением доступа к Internet другим компаниям, то маловероятно увидеть в ее монтажном шкафу маршрутизатор модели 12000. В отличие от других моделей маршрутизаторов, таких как Cisco 2500, 7000, 7200 и 7500, маршрутизаторы модели 12000 имеют модульную структуру, поэтому при необходимости к ним могут быть добавлены другие интер-

фейсные модули. Большие шасси маршрутизаторов этой серии позволяют создать десятки интерфейсов на различных модулях практически для любой среды передачи, что делает эти маршрутизаторы масштабируемым и надежным решением задач базового уровня.

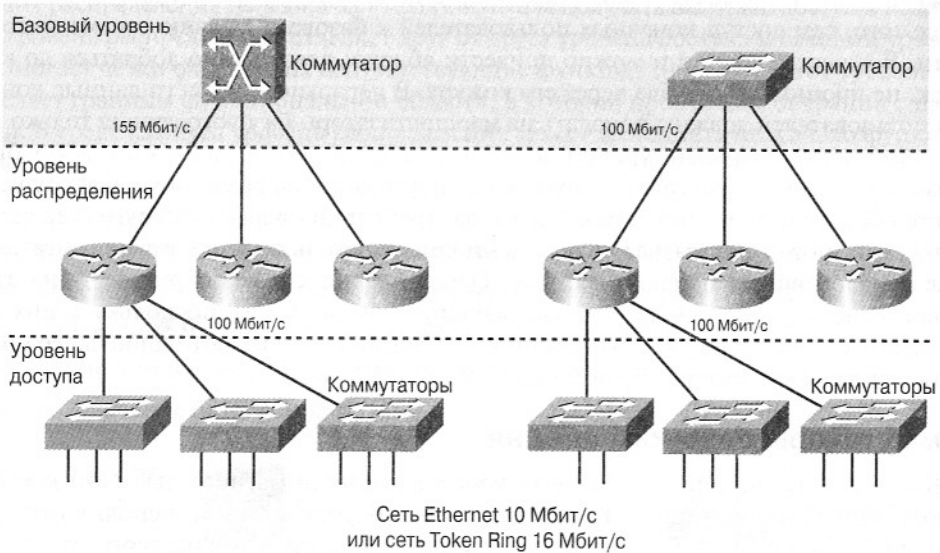


Рис. 6.9. Коммутаторы базового уровня

Одним из способов обеспечения надежности, используемым в маршрутизаторах базового уровня, является использование избыточных каналов, обычно к другим маршрутизаторам базового уровня. При наличии возможности эти избыточные каналы следует делать симметричными (т.е. с одинаковой пропускной способностью), с тем, чтобы можно было использовать распределение (балансирование) нагрузки.

В этом причина того, что базовым маршрутизаторам требуется относительно большое количество интерфейсов. Другим способом обеспечения надежности является использование избыточных источников питания. Базовые маршрутизаторы обычно имеют два или более “заменяемых на ходу” источника питания, которые могут быть удалены или заменены индивидуально без выключения питания маршрутизатора.

Базовые каналы оказываются самыми быстрыми, самыми надежными, но и самыми дорогостоящими выделенными соединениями в распределенных сетях на основе линий T1, T3, OC3 и более скоростных. Если для базовой магистрали распределенной сети используются избыточные каналы T1, то каждому маршрутизатору требуются четыре последовательных интерфейса для двух соединений типа “точка-точка” с каждым узлом. Использование мощных маршрутизаторов и каналов сетей WAN может сделать базовый уровень сети крайне дорогостоящим. Для уменьшения расходов некоторые проектировщики сетей выбирают вариант несимметричных каналов. Вместо избыточных каналов в качестве резервных могут быть использованы технологии коммутации пакетов или коммутации по требованию, такие как Frame Relay или ISDN. Компромиссное решение, позволяющее сэкономить средства при использовании таких технологий определяется достигаемым уровнем производи-

тельности сети. Например, при использовании BRI ISDN в качестве резервного канала теряется возможность распределения нагрузки по каналам с равной оценкой.

Базовый уровень сети не должен реализовываться в сети WAN. В некоторых случаях магистраль LAN-сети также может быть причислена к базовому уровню. В сетях кампусов или в крупных сетях, охватывающих комплекс офисов или смежных зданий, базовая магистраль может проходить по сети LAN. В этом случае в качестве технологий базового уровня типичным является использование Fast Ethernet и Gigabit Ethernet, обычно на основе оптоволоконного кабеля. Промышленные коммутаторы, такие как модели 4000, 5000 и 6000, принимают на себя основную нагрузку в базовых LAN, поскольку они коммутируют фреймы на 2-м уровне со значительно большей скоростью, чем маршрутизаторы коммутируют пакеты на 3-м уровне. На практике эти коммутаторы, являясь модульными устройствами, могут быть оснащены модулями коммутации маршрутов (route switch modules — RSMs), что добавляет к функциям основного шасси маршрутизацию на 3-м уровне.

Резюме

В настоящей главе была рассмотрена общая модель, которую целесообразно использовать при анализе или проектировании сети.

Согласно этой модели крупные сети включают в себя три уровня:

- уровень доступа;
- уровень распределения;
- базовый уровень.

Было показано, что с каждым уровнем связано выполнение определенных специализированных функций. Также показано, что при проектировании коммутируемой сети для каждого уровня имеются свои типы коммутаторов, наилучшим образом выполняющих функции этого конкретного уровня. Для каждого уровня были рассмотрены основные свойства коммутаторов. С течением времени технологии и потребности в полосе пропускания и производительности изменяются. Устройства, которые успешно решают сегодняшние задачи, могут оказаться недостаточно эффективными в будущем. На проектировщика сети, как сетевого профессионала, возлагается задача выбора наилучших типов устройств для каждой конкретной сети.

В дополнение к изложенному в настоящей главе материалу рекомендуется изучить относящиеся к ней видеоклипы, фотографии и выполнить лабораторные работы, находящиеся на компакт-диске CD-ROM, прилагаемом к книге.

Глоссарий

Базовый уровень (core layer). Магистраль сети кампуса, использующей коммутацию. На этом уровне коммутаторы могут использовать ряд технологий 2-го уровня.

Интерфейс (interface). 1. Соединение между двумя системами или устройствами. 2. В терминологии маршрутизации — соединение в сети.

Коммутатор (switch). Сетевое устройство, которое фильтрует, пересылает или рассылает лавинным способом фреймы на основе адреса получателя каждого фрейма. Коммутатор функционирует на канальном уровне эталонной модели OSI.

Коммутация (switching). Процесс получения фрейма на одном интерфейсе и отправки его с другого интерфейса.

Концентратор (hub). Обычно устройство выполняющее роль центра сети со звездообразной топологией.

Магистраль (backbone). Структурная основа сети, соединяющая в одно целое все компоненты сети, делая возможной связь по сети.

Микросегментация (microsegmentation). Процесс разделения отдельного коллизийного домена на два или более домена меньшего размера, что уменьшает количество коллизий и вероятность переполнения в сети.

Порт (port). Интерфейс сетевого устройства (такого, например, как маршрутизатор). Гнездо на распределительной панели, в которое вставляется штекер того же размера, как, например, в разъеме RJ-45. В таких портах для перекрестных соединений компьютеров между собой на распределительной панели используются соединительные кабели. Именно эти перекрестные соединения позволяют функционировать LAN-сети.

Уровень доступа (access layer). На уровне доступа происходит передача данных от конечных пользователей в сеть и выполняются все виды входного контроля. Через этот уровень в сеть входят конечные пользователи.

Уровень распределения (distribution layer). Этот уровень определяет границу до которой над пакетами выполняются различные операции.

Контрольные вопросы

1. Что предоставляет пользователю уровень доступа?
 - A. Точку входа в сеть для конечных пользователей и серверов
 - B. Точку, в которой все устройства подсоединяются к сети
 - C. Всю доступную полосу пропускания для каждого пользователя
 - D. Соединение между коммутаторами и самыми производительными маршрутизаторами сетей
2. Какое из приведенных ниже утверждений верно по отношению к базовому уровню?
 - A. Он выполняет максимально возможную обработку пакетов для обеспечения безопасности
 - B. Он выступает в качестве высокоскоростной коммутирующей магистрали для пересылки данных из одной области (зоны) в другую
 - C. На нем используются только коммутаторы 2-го уровня
 - D. Он использует несколько маршрутов передачи данных для замедления потоков
3. Что из ниже перечисленного является преимуществом использования устройств 3-го уровня в локальной сети LAN?
 - A. Оно позволяет сегментировать сеть LAN на уникальные физические и логические сети
 - B. Оно фильтрует на канальном уровне широковещательные данные и данные многоадресной рассылки, а также обеспечивает WAN-соединения

- C. Оно обеспечивает логическое структурирование сети
 - D. Все вышеперечисленное
4. Какое из перечисленных ниже устройств обеспечивает логическую сегментацию сети LAN?
- A. Маршрутизатор
 - B. Мост
 - C. Коммутатор
 - D. Концентратор
5. Что является результатом микросегментации с помощью коммутаторов?
- A. Создаются дополнительные широковещательные домены
 - B. Уменьшается количество сегментов сети
 - C. Создаются дополнительные коллизийные домены
 - D. Ответы A и C.