Содержание

1. Типовой комплект учебного оборудования «Сетевая безопасность»

1.1. Описание комплекта

Комплект состоит из двух брандмауэров Cisco ASA 5505, одного коммутатора третьего уровня Cisco Catalyst 3560, одного управляемого коммутатора второго уровня Cisco Catalyst 2960, двух беспроводных маршрутизаторов Cisco 881W, двух неуправляемых коммутаторов Cisco SD205, 4 персональных компьютеров и коммутационной панели, которая позволяет коммутировать устройства в зависимости от выполняемых задач и формировать необходимую топологию сети. На рабочих станциях установлена операционная система Arch Linux. Все рабочие станции имеют два Ethernet-интерфейса и один беспроводный интерфейс Wi-Fi, чтобы иметь возможность выполнять функции программного маршрутизатора. Внешние сетевые интерфейсы не поддерживают технологию MDI/MDX, поэтому соединение двух компьютеров напрямую прямо обжатым патч-кордом через внешние интерфейсы невозможно. В этом случае в качестве промежуточного устройства обязательно используйте неуправляемые коммутаторы.

Для регистрации на рабочих станциях используйте следующую учетную запись:

пользователь: *root*
пароль: *qwerty*

Разводка портов коммутационной панели приведена на самой панели.

Все узлы стенда включены в IP-подсети 192.168.0.0/24, 192.168.1.0/24 и 192.168.2.0/24. Распределение IP-адресов приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Распределение IP-адресов

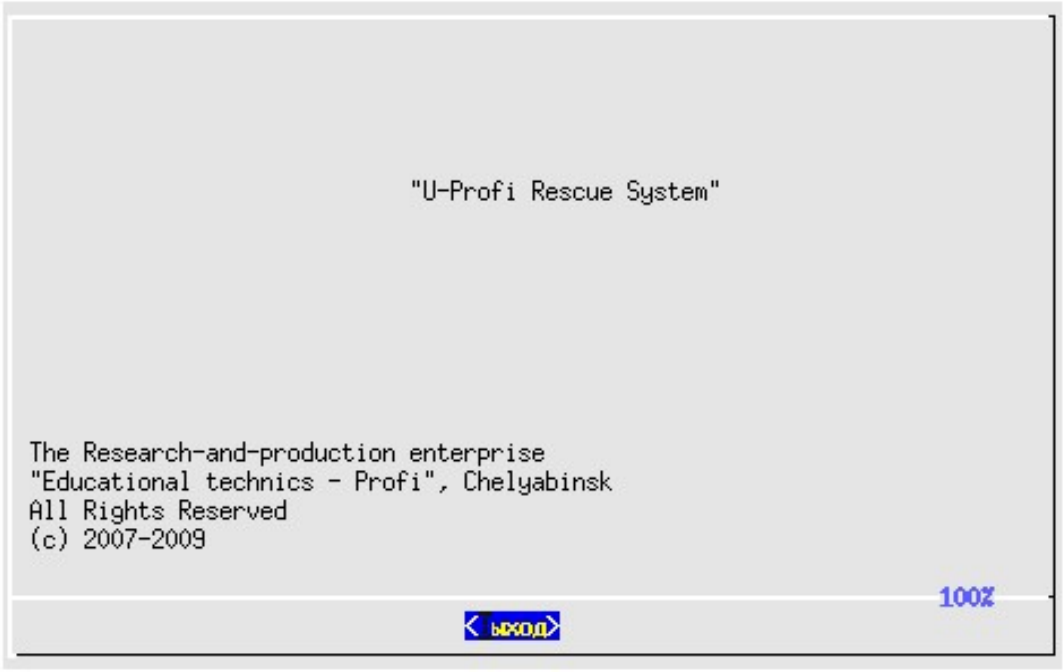
Узел		IP-адрес
Компьютер 1	Интерфейс eth0	192.168.0.1
	Интерфейс eth1	192.168.1.1
	Интерфейс wlan0	192.168.2.1
Компьютер 2	Интерфейс eth0	192.168.0.2
	Интерфейс eth1	192.168.1.2
	Интерфейс wlan0	192.168.2.2
Компьютер 3	Интерфейс eth0	192.168.0.3
	Интерфейс eth1	192.168.1.3
	Интерфейс wlan0	192.168.2.3
Компьютер 4	Интерфейс eth0	192.168.0.4
	Интерфейс eth1	192.168.1.4
	Интерфейс wlan0	192.168.2.4
Верхний брандмауэр (LAN-интерфейс)		192.168.0.5
Нижний брандмауэр (LAN-интерфейс)		192.168.0.6
Управляемый коммутатор 3-го уровня		192.168.0.7
Управляемый коммутатор 2-го уровня		192.168.0.8
Левый беспроводный маршрутизатор		192.168.0.9
Правый беспроводный маршрутизатор		192.168.0.10

1.2. Система восстановления операционных систем компьютеров «U-Profi Rescue System»

Комплект поставляется вместе с системой восстановления операционных систем (ОС), установленных на всех компьютерах. Данная система может оказаться полезной не только в случае отказа ОС Linux, но также в тех случаях, когда после проведения ряда лабораторных работ необходимо быстро привести ОС к первоначальному виду. Далее приведена инструкция по работе с системой восстановления:

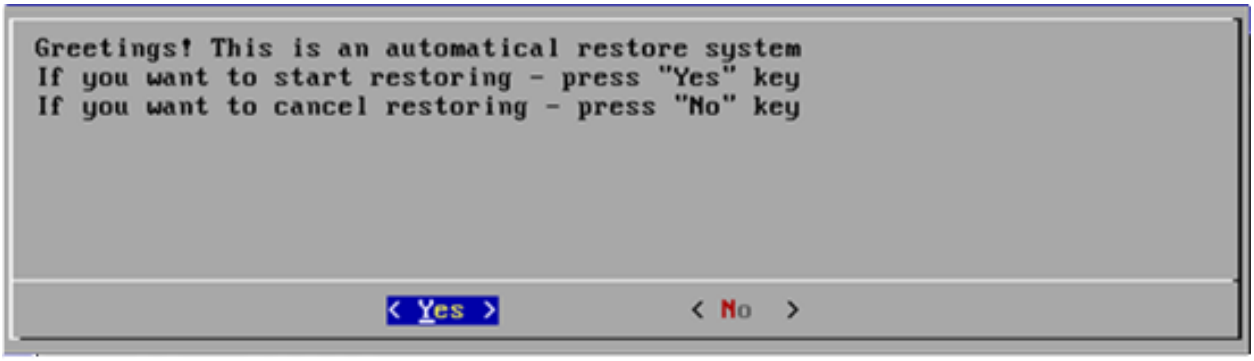
1. ВНИМАНИЕ! Восстановление уничтожит все данные на жёстком диске. Сделайте резервные копии важных данных.
2. Вставьте диск в привод (соблюдайте соответствие номера компьютера и номера диска).
3. При загрузке нажмите клавишу F11 и выберите ваш DVD-ROM в качестве загрузочного устройства.
4. Перезагрузите компьютер.

5. Дождитесь появления следующего окна:



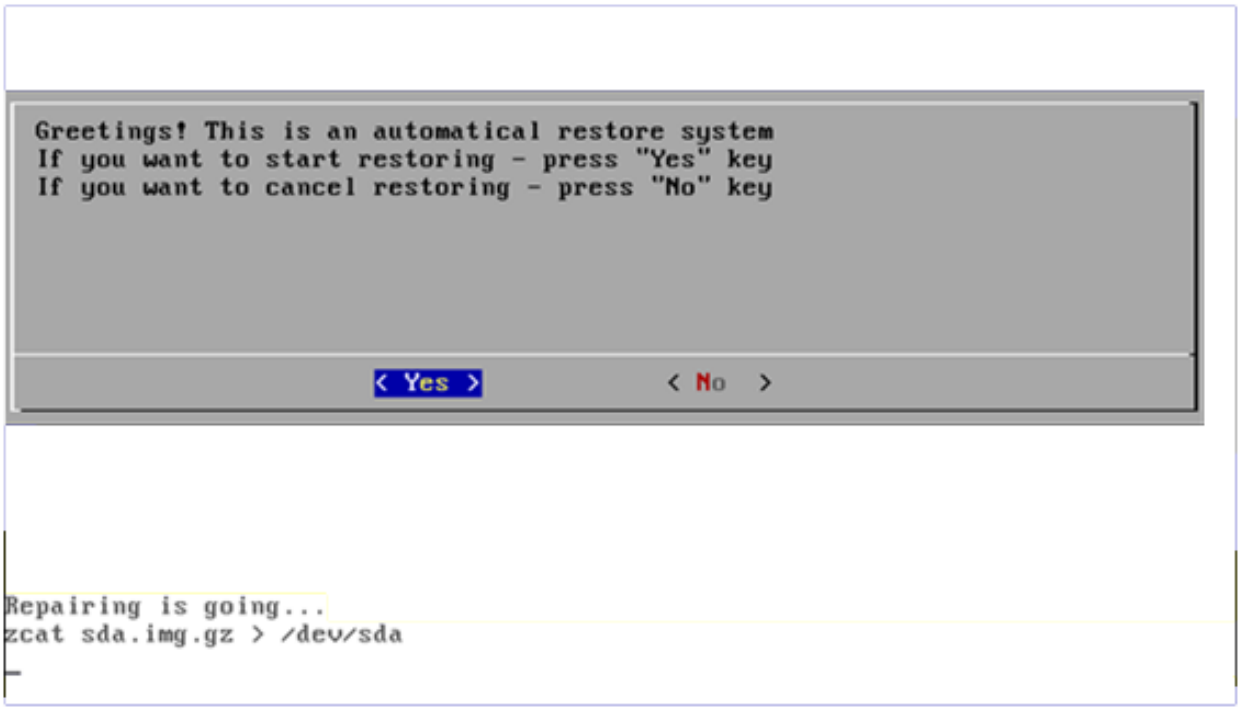
Для выхода из системы клавишей Tab выделите кнопку «Выход» и нажмите Enter. Это приведёт к перезагрузке компьютера. Иначе, для продолжения работы нажмите любую клавишу.

6. Дождитесь появления следующего окна:



Чтобы начать восстановление, нажмите «Yes», иначе нажмите «No» или просто перезагрузите компьютер. В связи с техническими ограничениями на данный момент при нажатии клавиш навигации перерисовка экрана с диалогом пользователя не происходит. Однако сами нажатия учитываются.

7. Когда восстановление начнётся, вы увидите следующее окно:



В системе не реализован прогресс-индикатор (индикатор объёма выполненной работы). Признаком того, что система не зависла, является индикатор обращения к жесткому диску компьютера на его системном блоке. Процесс восстановления в среднем занимает около 1 часа.

8. Когда восстановление будет закончено, появится следующее окно:

9. Нажмите «ОК». Произойдёт перезагрузка. Не забудьте извлечь диск из привода.

2. Операционная система Cisco IOS

1. Принципы работы с ОС IOS

IOS (Internetwork Operating System, операционная система для объединённых сетей) — операционная система, управляющая устройствами производства Cisco. Существует несколько веток разработки этой ОС, отличающейся поддерживаемыми функциями. Образ IOS хранится в файле, который находится на флеш-диске. Ни в коем случае не извлекайте флеш-диск, когда питание на устройство подано, это приведёт к повреждению файловой системы!
При загрузке IOS считывает конфигурационный файл с флеш-диска. Изначально такой файл отсутствует, получить доступ по сети к устройству нельзя, поэтому первоначальная настройка выполняется с помощью последовательного интерфейса (на устройстве порт обозначен как Console, используется специальный кабель-переходник DCE, оконцованный с одной стороны вилкой RJ-45, а с другой — штекером DB-9). Подключение к console выполняется с помощью программы screen:

```
screen /dev/ttyS0 9600
```

где /dev/ttyS0 — имя порта (в данном случае первый COM-порт), а 9600 — скорость соединения (можно опустить). Если установить соединение до включения питания, то можно увидеть процесс загрузки. По окончании распаковки IOS в память и чтения конфигурационного файла будет выдано приглашение нажать Enter для начала работы с командной строкой. Если вы подключились к console после загрузки, то ничего выведено не будет, однако нажать Enter надо.
Для управления устройством используется командный интерпретатор IOS. Командный интерпретатор выдаёт следующее приглашение:

```
Router>
```

Здесь Router — имя (hostname) устройства, а «>» - приглашение, указывающее на то, что работа выполняется в непривилегированном режиме. Вэтом режиме нельзя просмотреть или изменить конфигурацию устройства, однако можно просматривать его состояние.
Команда имеет следующую структуру:

```
Router>show ip interface Ethernet 0/0
```

Здесь show — непосредственно команда (вывести некоторую информацию), ip — уточнение запроса (информация, относящаяся к протоколу ip), interface — уточнение предыдущего параметра (информация, относящаяся к интерфейсам), Ethernet 0/0 — имя объекта, над которым надо выполнить команду (интерфейс Ethernet, находящийся в модуле 0, имеющий номер 0). Таким образом, эта команда означает «показать информацию об IP-интерфейсе Ethernet номер 0 из модуля 0». IOS при успешном выполнении команды обычно не выдаёт никаких сообщений (если это не команда show). Если команда синтаксически неверна, то будет выведено следующее сообщение:

```
Router>show the ip interface Ethernet 0/0
      ^
% Invalid input detected at '^' marker.
```

Это значит, что возникла ошибка при чтении команды в месте, отмеченном маркером «^».
Чтобы получить подсказку о команде, во время ввода наберите вопросительный знак («?»).
Командный интерпретатор запоминает введённые команды. К ранее выполненным командам можно вернуться с помощью клавиш со стрелками вверх и вниз. Для перемещения по тексту команды применяются клавиши со стрелками вправо и влево.

Клавиша Tab позволяет завершить ввод термина, набранного не полностью. При это если введённые символы не позволяют однозначно завершить термин, будут дополнены только те символы, которые являются общими для команд (например, при вводе s и нажатии Tab интерпретатор не сможет дополнить ввод до show, так как есть ещё команда set. Их общая часть — s). Если введённые символы позволяют однозначно определить подразумеваемый термин, то его (термин) можно не вводить до конца. Так, следующие команды идентичны:

```
Router>show ip interface Ethernet 0/0
Router>sh ip int eth0/0
```

Если во время работы с интерпретатором на экран было выведено сообщение от маршрутизатора (например, уведомление об отключении интерфейса), которое перекрыло текущий ввод, комбинация клавиш Ctrl+R позволит вернуть введённый текст.
Действие любой команды можно отменить, выполнив эту команду со словом no в начале:

```
Router>ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
Router>no ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

IOS имеет 16 уровней привилегий (от 0 до 15). Режим, о котором говорилось выше (непривилегированный) — режим 1 уровня (пользовательский режим). В этом режиме нельзя выполнять отладку, выполнять некоторые информационные команды (show), и изменять конфигурацию. Привилегированный режим является режимом 15 уровня и позволяет выполнять любые действия. Переход в привилегированный режим выполняется с помощью команды enable (en). При переходе в режим enable может быть запрошен пароль. Приглашение в режиме enable меняется на следующее:

```
Router>enable
Password:
Router#
```

Для предотвращения несанкционированного доступа к режиму enable можно установить пароль на переход в этот режим:

```
Router#enable secret <пароль>
```

Для изменения конфигурации требуется перейти в режим настройки. Для этого выполните следующую команду:

```
Router#configure terminal
или:
Router#conf t
```

Слово «terminal» в команде означает, что настройка будет выполняться вводом команд вручную. После перехода в режим настройки приглашение снова изменится:

```
Router#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#
```

Маршрутизатор перешёл в режим настройки глобальной конфигурации, то есть команды в этом режиме позволяют изменить конфигурацию устройства в целом. Для настройки отдельных параметров используется режим настройки конфигурации интерфейса (не всегда относится к сетевым интерфейсам). Чтобы перейти в этот режим, надо указать, с помощью какого интерфейса будет выполняться настройка. Например, команда для перехода к настройке ethernet-интерфейса выглядит следующим образом:

```
Router(config)#interface Ethernet0/0
Router(config-if)#
```

Режим настройки интерфейса относится не только к сетевым интерфейсам. В этом режиме также настраиваются маршрутизирующие протоколы, списки доступа и другие функции и объекты, например:

```
Router(config)#ip access-list standard test
Router(config-std-nacl)#exit
Router(config)#router rip
Router(config-router)#exit
Router(config)#subscriber-policy 1
Router(config-policy)#exit
Router(config)#
```

При смене режима меняется и приглашение. Для выхода из режима настройки интерфейса применяется команда exit. Для выхода из режима enable используется команда end или сочетание клавиш Ctrl+Z. В режиме настройки конфигурации нельзя применять команды show.
В IOS имеется два типа конфигурации — running-config (текущая конфигурация) и startup-config (загрузочная конфигурация). running-config используется до перезагрузки устройства, поэтому все изменения которые требуется применять при загрузке устройства, должны быть сохранены в startup-config следующей командой:

```
Router#copy running-config startup-config
или:
Router#copy run st
```

Чтобы сохранить текущую конфигурацию в произвольный файл (этот файл не будет прочтён при загрузке), выполните следующую команду:

```
Router#copy running-config filename
```

Файл конфигурации является простым текстовым файлом, поэтому его можно просматривать и редактировать обычными текстовыми редакторами.
Просмотреть текущую конфигурацию можно следующей командой:

```
Router#show running-config
или:
Router#sh run
```

Просмотреть версию IOS можно следующей командой:

```
Router>show version
```

2. Локальные пользователи

```
! Создание нового пользователя
! Пароль будет храниться в файле конфигурации в открытом виде
(config)# username <имя пользователя> password <пароль>
! Включение хранения паролей в хешированном виде
(config)# service password-encryption
! Назначение начального уровня привилегий
(config)# username <имя пользователя> privilege <уровень>
```

3. Интерфейсы

Маршрутизатор оборудован следующими интерфейсами:

- Порт console. Предназначен для управления устройством с помощью непосредственного соединения кабелем-адаптером DCE, оконцованным с одной стороны вилкой RJ-45, а с другой — разъёмом DB-9;
- Порт AUX. Предназначен для подключения маршрутизатора к модему для удалённого управления устройством с помощью терминала;
- Порты Ethernet.

Задать пароль на установление терминального соединения через порт console[1]:

```
! Переход в режим enable
> enable
! Переход в режим глобальной настройки
# configure terminal
! Переход в режим настройки канала console
(config)# line console 0
! Задание пароля
(config-line)# password <пароль>
```

В дальнейшем шаги по переходу в режим enable и глобальной настройки будут опускаться.

Во время настройки при вводе доменных имён пользователь может опечататься. Чтобы не ждать, пока устройство будет безуспешно пытаться разрешить несуществующее имя, можно выполнить следующую команду:

```
(config)# no ip domain lookup
```

Учтите, что устройство после этой команды перестанет пытаться разрешать имена.

Ethernet-интерфейсы именуются по следующей схеме:
<тип_подключения><номер_модуля>/<номер_порта_в_модуле>

Типы подключения перечислены в следующей таблице:

Тип подключения	Мнемоники
Ethernet 10 Mbit/s	Ethernet (e)
FastEthernet 10/100 Mbit/s	FastEthernet (fa)
GigabitEthernet 10/100/1000 Mbit/s	GigabitEthernet (gi)

Тип подключения можно сокращать до минимально уникальной длины.

Настроить сетевой интерфейс:

```
! Переход в режим настройки сетевого интерфейса
! Приводится пример для интерфейса FastEthernet0/0
(config)# interface FastEthernet0/0
! или, кратко
```

1 Строки, начинающиеся с восклицательного знака, IOS не обрабатывает. Можно считать их комментариями

```
(config)# interface fa0/0
! Можно ввести описание интерфейса
(config-if)# description <описание>
! Задание IP-адреса
(config-if)# ip address <адрес> <маска>
! Например, ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
! Для получения адреса по dhcp выполните команду ip address dhcp
```

По умолчанию сетевые интерфейсы выключены. Активировать интерфейс:

```
(config-if)# no shutdown
```

Сбросить настройки интерфейса:

```
(config)# default interface <имя>
```

Просмотреть информацию об интерфейсах:

```
# show interface <имя>
! Показать информацию об интерфейсе, относящуюся к протоколу IP
# show ip interface <имя>
```

Для указания параметров DNS применяются следующие команды (из режима глобальной настройки):

```
! Используемый DNS-сервер
(config)# ip name-server <адрес>
! DNS-имя устройства
(config)# hostname <имя>
! Домен, к которому принадлежит устройство
(config)# ip domain name <имя>
```

В IOS имеются утилиты ping и traceroute для проверки связности:

```
> ping <IP-адрес_или_имя>
> traceroute <IP-адрес_или_имя>
```

Прервать выполнение команды traceroute (trace) можно с помощью сочетания клавиш Ctrl+Shift+6.

Настроить удалённый доступ по протоколу telnet:

```
! Переход в режим настройки виртуального телетайпа (vty)
! Команда указывает диапазон настраиваемых линий
! Количество линий определяет максимальное число одновременных подключений
! Обычно линий 16, но на некоторых устройствах только 5
! Для настройки конкретной линии укажите только один номер (line vty 0)
(config)# line vty 0 4
! Не запрашивать пароль
(config-line)# no login
```

```
! или использовать локальный список пользователей (по умолчанию)
(config-line)# login local
! Задать уровень привилегий, выдаваемых при подключении
! По умолчанию - 1
(config-line)# privilege level <уровень>
! Время, после которого сеанс будет разорван в любом случае
(config-line)# absolute-timeout <время_в_минутах>
```

4. Журналирование

Все системные сообщения и выходные сообщения от debug-команд отправляются в процесс журналирования. Путём настройки этого процесса можно добиться вывода журналов в буфер, на экран терминала или на syslog-сервер. По умолчанию включен вывод журнальных сообщений на экран терминала, выводятся сообщения уровня опасности debug.

Для Cisco уровни опасности сообщений называются следующим образом:

Уровень	Числовой код	Смысл
emergencies	0	Система нестабильна
alerts	1	Требуется немедленно принять меры
critical	2	Критическое состояние
errors	3	Произошла ошибка
warnings	4	Предупреждение об ошибке
notifications	5	Нормальное, но требующее внимания событие
informational	6	Информационное сообщение
debugging	7	Отладочное сообщение

IOS различает следующие facility:

facility	Смысл
auth	Система аутентификации
cron	Системный планировщик cron
daemon	Системная служба (демон)
kern	Ядро
local0-local7	Локально определённые сообщения
lpr	Система линейной печати
mail	Почтовая система
news	Система USENET
sys9-sys14	Системные сообщения
syslog	Служба syslog
user	Пользовательский процесс
uucp	Система UUCP

Управление журналированием

Отключить вывод журнальных сообщений на консоль:

```
(config)# no logging console
```

Настроить вывод журнальных сообщений:

```
! Вывод в буфер в памяти коммутатора
! Буфер может иметь размер от 4096 до 2147483647 байт
```

```
(config)# logging buffered <размер_буфера>
! Вывод в файл
(config)# logging file flash:<имя_файла>
! Выбор минимального уровня опасности выводимых сообщений
! Для последовательного терминала (по умолчанию debugging)
(config)# logging console <уровень>
! Для консоли (telnet, ssh, …) (по умолчанию debugging)
(config)# logging monitor <уровень>
```

Настроить отправку журнальных сообщений на syslog-сервер:

```
! Указание адреса syslog-сервера
(config)# logging <адрес>
! Выбор минимального уровня опасности выводимых сообщений
! По умолчанию informational
(config)# logging trap <уровень>
! Выбор facility для отправки сообщений (по умолчанию local7)
(config)# logging facility <facility>
```

Просмотр настройки журналирования

Вывести состояние процесса журналирования:

```
# show logging
```

5. VLAN

В данном разделе рассматриваются VLAN протокола IEEE 802.1Q

По умолчанию все порты коммутатора включены в VLAN с vlan-id 1 и именем VLAN0001. Новым VLAN по умолчанию присваиваются имена вида VLANxxxx, где xxxx — vlan-id, дополненный слева нулями до 4 знаков.

Общий порядок создания VLAN таков:

- Создать VLAN.
- Добавить в неё порты.

При добавлении очередного порта в VLAN можно выбрать один из двух режимов:

- access — режим порта доступа. Такой порт снимает тег 802.1Q с исходящего пакета.
- trunk — режим магистрального порта. Такой порт не трогает тег 802.1Q ни на каких пакетах.

Для VLAN ID корректным является диапазон от 1 до 4094. VLAN ID в диапазоне 1002-1005 являются зарезервированными и не должны использоваться. VLAN ID в диапазоне 1006-4094 относятся к расширенному диапазону. VLAN ID расширенного диапазона могут использоваться только тогда, когда коммутатор находится в прозрачном режиме VTP (то есть VTP отключен). VTP (VLAN Trunking Protocol) — протокол Cisco, предназначенный для анонсирования другим коммутаторам доступных VLAN ID. Аналогичный открытый протокол — GVRP (GARP VLAN Registration Protocol). По умолчанию VTP отключен. Перевести VTP в прозрачный режим можно следующей командой:

```
(config)# vtp mode transparent
```

Параметр <*vlan-list*> может раскрываться как перечень VLAN ID (<*vlan-id1*>,<*vlan-id3*>,...,<*vlan-idN*>) или как диапазон (<*vlan-id1*>-<*vlan-idN*>), пробелы между элементами не ставятся.

Управление VLAN

Создать VLAN в режиме config-vlan:

```
! Переход в режим config-vlan
(config)# vlan <vlan-id>
! Задание имени VLAN (необязательно)
(config-vlan)# name <имя>
```

Создать VLAN в режиме vlan database (не рекомендуется, так как этот режим устарел и будет исключён в одном из будущих выпусков IOS):

```
! Переход в режим vlan database
# vlan database
! Создать одну VLAN
(vlan)# vlan <vlan-id> [name <имя>]
! Создать диапазон VLAN
```

```
(vlan)# vlan <vlan-id1> end <vlan-idN>
```

Добавить порт доступа в VLAN:

```
! Переход в режим настройки интерфейса
(config)# interface <имя_интерфейса>
! Выбор режима access
(config-if)# switchport mode access
! Выбор VLAN, в которую входит порт
(config-if)# switchport access vlan <vlan-id>
```

Добавить магистральный порт в VLAN:

```
! Переход в режим настройки интерфейса
(config)# interface <имя_интерфейса>
! Выбор типа инкапсуляции 802.1Q на порту
(config-if)# switchport trunk encapsulation dot1q
! Также может быть выбрана инкапсуляция
! по протоколу Cisco – ISL (Inter-Switch Link)
! или negotiate – автосогласование типа инкапсуляции
!
! Выбор режима trunk
(config-if)# switchport mode trunk
```

Настроить список допустимых VLAN на магистральном порту:

```
! Переход в режим настройки интерфейса
(config)# interface <имя_интерфейса>
! Добавление в список нескольких VLAN
(config-if)# switchport trunk allowed vlan add <vlan-list>
! Добавление в список всех возможных VLAN
(config-if)# switchport trunk allowed vlan all
! Добавление в список всех возможных VLAN, кроме перечисленных
(config-if)# switchport trunk allowed vlan except <vlan-list>
! Удаление из списка нескольких VLAN
(config-if)# switchport trunk allowed vlan remove <vlan-list>
! Установка native VLAN (VLAN, меткой которой помечаются непомеченные пакеты)
(config-if)# switchport trunk native vlan <vlan-id>
```

Просмотр конфигурации VLAN

Просмотр списка всех настроенных VLAN:

```
#show vlan
```

Просмотр информации о конкретной VLAN ID:

```
#show vlan id <vlan-id>
```

Просмотр информации о состоянии порта:

```
# show interface <имя> switchport
```

6. STP

В коммутаторах Cisco вместо протокола STP (IEEE 802.1d) обычно применяется протокол PVST+ (Per-VLAN Spanning Tree); название обычно сокращают до PVST. Этот протокол предназначен для создания отдельного экземпляра протокола STP для каждого VLAN. Протокол был разработан Cisco, так как на момент стандартизации STP комитет IEEE не стандартизовал VLAN. Протокол PVST позволяет отдельно управлять состоянием порта в разных VLAN, тем самым выравнивая нагрузку. Так, например, трафик чётных VLAN может быть перенаправлен через один порт, а нечётных — через другой.

В протоколе RSTP (IEEE 802.1w) также не предусмотрено использование нескольких экземпляров протокола на порту, поэтому Cisco разработала протокол RPVST (Rapid PVST, также имеет название PVRST, Per-VLAN Rapid Spanning Tree) на основе RSTP.

Протокол MSTP (IEEE 802.1s, в терминологии Cisco — MIST, Multiple Instances of Spanning Trees) поддерживается устройствами Cisco, однако для его настройки требуется выполнить больший объём работы, так как требуется определять связку каждой VLAN с назначенными экземплярами протокола RSTP, в отличие от PVST и RPVST(PVRST). Использование MSTP подразумевает создание нескольких экземпляров протокола RSTP.

В данном разделе параметр <*vlan-id*> может быть заменён на указание конкретного номера VLAN или на указание списка VLAN перечислением (<*vlan-id1*>, <*vlan-id3*>, …, <*vlan-idN*>) или диапазоном (<*vlan-id1*>-<*vlan-idN*>).

Настройка STP и RSTP

Однозначно задать использование протоколов STP и PVST:

```
(config)# spanning-tree mode pvst
```

По умолчанию включен на VLAN 1 (которая включает в себя все порты коммутатора).

Однозначно задать использование протоколов RSTP и RPVST(PVRST):

```
(config)# spanning-tree mode rapid-pvst
```

Включить использование протокола STP в определённых VLAN:

```
(config)# spanning-tree vlan <vlan-id>
```

Назначить приоритет коммутатора:

```
(config)# spanning-tree vlan <vlan-id> priority <приоритет>
```

По умолчанию коммутатор получает приоритет 32768. При настройке приоритетов вручную важно следить за тем, чтобы назначаемый приоритет не был выше, чем приоритеты корневых мостов. Приоритет может принимать значения от 0 до 61440 с инкрементом 4096 (4096, 8192, 12288, 16384, 20480, 24576, 28672, 32768, 36864, 40960, 45056, 49152, 53248, 57344, 61440).

Назначить коммутатор основным корневым мостом:

```
(config)# spanning-tree vlan <vlan-id> root primary [diameter <диаметр>]
```

Параметром diameter можно задать диаметр сети (диаметр — расстояние в количестве коммутаторов между двумя самыми удалёнными друг от друга узлами в пределах от 2 до 7, по умолчанию 7), что заставит коммутатор пересчитать таймеры STP для большей производительности. Задание диаметра применяется только для корневого моста, так как именно он управляет таймерами всех остальных мостов, использующих STP. Приоритет

основного корневого моста по умолчанию 24576.

Назначить коммутатор запасным корневым мостом:

```
(config)# spanning-tree vlan <vlan-id> root secondary
```

Приоритет резервного корневого моста по умолчанию 28672.

Назначить приоритет порта:

```
! для конкретного порта
#interface <номер_порта>
(config-if)# spanning-tree port-priority <приоритет>
! или для VLAN
(config)# spanning-tree vlan <vlan-id> port-priority <приоритет>
```

Приоритет может принимать значения от 0 до 240 с инкрементом 16 (0, 16, 32, 48, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160, 176, 192, 208, 224, 240), по умолчанию 128.

Настроить таймеры STP (указаны описание, минимальное-максимальное значение, значение по умолчанию):

```
! Максимальное время пребывания в состояниях listening и learning
! до перехода в состояние forwarding (4-30, 15)
(config)# spanning-tree vlan <vlan-id> forward-time <значение>
! Интервал между отправкой Hello BPDU (1-10, 2)
(config)# spanning-tree vlan <vlan-id> hello-time <значение>
! Таймаут получения BPDU от корневого коммутатора до пересчёта дерева (6-40, 20)
(config)# spanning-tree vlan <vlan-id> max-age <значение>
```

Назначить стоимость интерфейса:

```
(config)# spanning-tree vlan <vlan-id> cost <стоимость>
```

По умолчанию используются значения из следующей таблицы:

Скорость интерфейса	Стоимость
10 Мбит/с	100
100 Мбит/с	19
1 Гбит/с	4
10 Гбит/с	2

Настройка MSTP

Однозначно задать использование протокола MSTP:

```
(config)# spanning-tree mode mst
```

Перейти в режим настройки MSTP:

```
(config)# spanning-tree mst configuration
```

```
(config-mst)#
```

Настроить параметры MSTP (должны совпадать у всех коммутаторов, охваченных MSTP):

```
(config-mst)# name <имя_региона>
(config-mst)# revision <ревизия>
```

Длина имени региона — не более 32 символов, номер ревизии может принимать значения в диапазоне от 0 до 65535.

Задать привязку VLAN к экземплярам протокола RSTP:

```
! перечислением номеров vlan
(config-mst)# instance <номер_экземпляра> vlan <vlan-id>, <vlan-id>, ...
! или указанием диапазона
(config-mst)# instance <номер_экземпляра> vlan <vlan-id1>-<vlan-idN>
```

Номер экземпляра может принимать значения в диапазоне от 1 до 15

Назначить коммутатор основным корневым мостом:

```
(config)# spanning-tree mst <номер_экземпляра> root primary [diameter
<диаметр>]
```

Диаметр можно указать только для экземпляра с номером 0.

Назначить коммутатор запасным корневым мостом:

```
(config)# spanning-tree mst <номер_экземпляра> root secondary
```

Назначить приоритет порта:

```
#interface <номер_порта>
(config-if)# spanning-tree mst <номер_экземпляра> port-priority <приоритет>
```

Назначить приоритет коммутатора:

```
(config-if)# spanning-tree mst <номер_экземпляра> priority <приоритет>
```

Настроить таймеры STP для всех экземпляров:

```
(config)# spanning-tree mst forward-time <значение>
(config)# spanning-tree mst hello-time <значение>
(config)# spanning-tree mst max-age <значение>
```

Технология Cisco STP Root Guard

Технология Root Guard предназначена для предотвращения возможности выбора случайного коммутатора сети в качестве корневого вместо текущего корневого моста в том случае, если приоритет этого случайного коммутатора меньше, чем у текущего корневого моста. Технология должна настраиваться на всех устройствах, которые используют STP. Суть технологии заключается в жёстком назначении конкретному интерфейсу роли Root Port (корневого порта).

Включить Root Guard на коммутаторе:

```
(config)# interface GigabitEthernet0/8
```

```
(config-if)# spanning-tree rootguard
```

Просмотр состояния STP

Показать подробную информацию обо всех интерфейсах и виртуальных сетях, на которых включен протокол STP:

```
Switch# show spanning-tree
```

Показать подробную информацию о конкретном интерфейсе:

```
Switch# show spanning-tree interface <интерфейс>
```

Показать подробную информацию о конкретной виртуальной сети:

```
Switch# show spanning-tree vlan <vlan-id>
```

Включить отладку процедуры внесения изменений в топологию:

```
Switch# debug spantree events
```

Включить отладку процедуры рассылки BPDU:

```
Switch# debug spantree tree
```

7. SPAN

SPAN (Switched Port Analyser, анализатор коммутируемого порта) — технология зеркалирования порта в терминологии Cisco. Источником пакетов может быть отдельный порт или VLAN. Сеансом SPAN (SPAN session) называется сочетание источника (порта или VLAN) и приёмника. В рамках сеанса нельзя одновременно использовать источник-порт иисточник-VLAN. Выходных портов также может быть несколько, но не более 64. Если пропускная способность выходного порта ниже, чем у входного, то сеанс SPAN, объединяющий эти порты, может терять пакеты, однако не повлияет на работу входного порта. Для работы SPAN необходимо, чтобы источник и приёмник были активны.

По умолчанию перед отправкой пакета на порт-приёмник с пакета снимается тег VLAN (ISL или 802.1Q). Также невозможно следить за пакетами протоколов 2 уровня, таких как STP. Однако ключ `encapsulation replicate` изменяет поведение SPAN таким образом, что пакет передаётся на выходной порт неизменённым и перехватываются пакеты всех протоколов.

По умолчанию SPAN отключен.

Управление SPAN

Создать сеанс SPAN:

```
! Указание входного порта или VLAN
! Номер сеанса принимает значения от 1 до 66
(config)# monitor session <номер_сеанса> source (interface <имя>|vlan <vlan-id>)
! Включение зеркалирования нескольких портов (или VLAN)
! «,» и «-» обрамляются пробелами
(config)# monitor session <номер_сеанса> source interface <имя> , <имя> - <имя>
! Задание списка VLAN, трафик которых перехватывается на порту
(config)# monitor session <номер_сеанса> filter vlan <vlan-id> , <vlan-id> - <vlan-id>
! Задание фильтра на направление трафика
! Любое
(config)# monitor session <номер_сеанса> source interface <имя> both
! Входящий
(config)# monitor session <номер_сеанса> source interface <имя> rx
! Исходящий
(config)# monitor session <номер_сеанса> source interface <имя> tx
!
! Указание выходного порта
(config)# monitor session <номер_сеанса> destination interface <имя> [encapsulation replicate]
! Указание нескольких выходных портов
(config)# monitor session <номер_сеанса> destination interface <имя> , <имя>
```

```
- <имя> [encapsulation replicate]
```

Просмотр состояния SPAN

Вывести сведения обо всех сеансах SPAN:

```
# show monitor
```

Вывести сведения о конкретном сеансе SPAN:

```
# show monitor session <номер_сеанса>
```

8. Коммутация 3 уровня

Чтобы включить функции маршрутизации на порту коммутатора, можно пойти двумя путями:

- объединить порт (группу портов) в VLAN. VLAN по умолчанию являются интерфейсом 3 уровня;
- перейти в режим настройки порта и выполнить команду `no switchport`.

После создания интерфейса 3 уровня с ним можно работать как с интерфейсом маршрутизатора. Однако предварительно требуется включить функции третьего уровня командой `ip routing`. После этой команды можно добавлять статические маршруты или использовать протокол RIP.

9. NAT

Для функционирования NAT маршрутизатор должен знать, какие интерфейсы подключены к внутренним сетям, а какие — к внешним.

Управление NAT

Указать внешние и внутренние интерфейсы:

```
! Внутренний интерфейс
(config)# interface <имя>
(config-if)# ip nat inside
! Внешний интерфейс
(config)# interface <имя>
(config-if)# ip nat outside
```

Внутренних и внешних интерфейсов может быть более, чем по одному.

Создать правило статической трансляции адресов (однозначное соответствие между адресом из внутренней сети и адресом из внешней сети):

```
(config)# ip nat inside source static <внутренний_адрес> <внешний_адрес>
```

Создать правило динамической трансляции «сеть в сеть»:

```
! Создание диапазона внешних адресов
Router(config)#ip nat pool <имя_диапазона> <начальный_IP-адрес>
<конечный_IP-адрес> netmask <маска>
! Создание стандартного ACL, содержащего разрешающую запись для внутренней
сети
(config)# access-list <номер_ACL> permit <адрес_источника>
<инвертированная_маска_источника>
! Создание правила NAT
(config)# ip nat inside source list <номер_ACL> pool <имя_диапазона>
```

Создать правило динамической трансляции «сеть в адрес»:

- если внешний адрес динамический

```
(config)# ip nat inside source list <номер_ACL> interface
<имя_внешнего_интерфейса>
```

- (дополнительно) если внешний адрес статический

```
! Создание диапазона адресов, содержащего единственный адрес
(config)# ip nat pool <имя_диапазона> <IP-адрес> <IP-адрес> netmask <маска>
! Создание правила NAT
(config)# ip nat inside source list <номер_ACL> pool <имя_диапазона>
```

Сделать порт узла, находящегося за транслятором, доступным извне (перенаправление порта, port forward):

```
(config)# ip nat inside source static (tcp|udp) <внутренний_адрес> <порт>
```

```
(<внешний_адрес> <порт> | interface <имя_интерфейса>)
```

Например, чтобы в условиях динамического внешнего адреса, принадлежащего интерфейсу FastEthernet0/0, сделать доступным порт 22/tcp хоста 192.168.1.1 извне, применяется следующая команда:

```
Router(config)#ip nat inside source static tcp 192.168.1.1 22 interface fa0/0
```

Очистить таблицу трансляций:

```
! Удаление всех записей
# clear ip nat translation *
! Удаление одной записи о внутренней трансляции
# clear ip nat translation inside <внешний_адрес> <внутренний_адрес>
! Удаление одной записи о внешней трансляции
# clear ip nat translation outside <внутренний_адрес> <внешний_адрес>
```

Просмотр состояния NAT

Вывести список активных трансляций:

```
# show ip nat translations
```

Вывести статистику:

```
# show ip nat statistics
```

10. IGMP

По умолчанию перехват пакетов протокола IGMP включен глобально на коммутаторе и для каждого VLAN.

Управление IGMP

Включить перехват IGMP (если выключен):

```
! Глобально для коммутатора
(config)# ip igmp snooping
! Для конкретной VLAN
! Требуется предварительно глобально включить IGMP
(config)# ip igmp snooping vlan <vlan-id>
```

Статически включить интерфейс в Multicast-группу:

```
(config)# ip igmp snooping vlan <vlan-id> static <IP-адрес_группы> interface <имя_интерфейса>
```

Включить функцию Immediate Leave. Эта функция позволяет исключить порт из Multicast-группы, как только на порт приходит сообщение IGMP Leave. Полезно, если к порту подключено не более одного конечного узла:

```
(config)# ip igmp snooping vlan <vlan-id> immediate-leave
```

Просмотр сведений о настройке IGMP Snooping

Вывести глобальные настройки IGMP:

```
# show ip igmp snooping
```

Вывести настройки IGMP для конкретной VLAN:

```
# show ip igmp snooping vlan <vlan-id>
```

Вывести таблицы IGMP по Mutlicast-группам:

```
# show ip igmp snooping groups
```

11. Статическая маршрутизация

Управление статическими маршрутами

Создать статический маршрут:

```
(config)# ip route <адрес_назначения> <маска_адреса_назначения>
<адрес_маршрутизатора> [<метрика>] [permanent]
```

Опция permanent указывает на то, что маршрут требуется сохранить, даже если интерфейс, к которому относится этот маршрут, становится неработоспособным. Рекомендуется не использовать эту опцию.

Пример создания статического маршрута:

```
(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.1.10
```

Создать маршрут по умолчанию:

```
(config)# ip default-gateway 192.168.1.10
```

Просмотр таблицы маршрутизации

Вывести таблицу маршрутизации:

```
# show ip route
```

Вывести маршруты только в определённую сеть:

```
# show ip route <адрес_сети>
```

12. EIGRP

EIGRP (Enhanced Internal Gateway Routing Protocol) — усовершенствованный дистанционно-векторный протокол динамической маршрутизации, разработанный компанией Cisco. Основные особенности:

- применение многоадресных рассылок обновлений маршрутов;
- отправка обновлений маршрутов только в случае обнаружения изменения;
- обновление таблиц только в тех маршрутизаторах, которым требуется информация об изменении топологии;
- малое время сходимости протокола;
- исключение циклов из топологии.

Для передачи обновлений используется протокол RTP. Этот протокол обеспечивает гарантированную доставку пакетов (reliable multicast, технология Cisco) и сохранение порядка пакетов.

Существует 5 типов сообщений:

- Hello — с помощью этих сообщений маршрутизаторы обнаруживают соседей. Отправляются с помощью multicast, не требуют подтверждения.
- Update — содержит обновления маршрутов. Отправляется только тем маршрутизаторам, которым надо узнать об этом обновлении. Используется unicast или multicast. На это сообщение должен быть отправлен ответ ACK.
- Query — отправляется соседям, когда маршрутизатор не может определить возможного преемника (feasible successor) для маршрута (запасного маршрутизатора для данного направления), с вопросом, нет ли у них возможного преемника для этого маршрута. Обычно используется multicast. На это сообщение должен быть отправлен ответ ACK.
- Reply — отправляется в ответ на Query строго тому, кто отправил Query. На это сообщение должен быть отправлен ответ ACK.
- ACK — сообщение, подтверждающее получение сообщений Update, Query или Reply. Используется негарантированная доставка.

По умолчанию период отправки hello-пакета — 5 секунд. Если в течение hold time (по умолчанию 15 секунд, 3 hello-интервала) от соседа не пришло ни одного hello, он считается отключенным. Маршрутизатор получает значения интервалов hello и hold time от соседа.

Чтобы установить соседские отношения, маршрутизаторы должны быть в одной автономной системе и пройти аутентификацию.

Метрика EIGRP составляется из следующих параметров:

- Bandwidth — наименьшая пропускная способность канала из сообщённых участниками канала;
- Delay — суммарная задержка прохождения всего пути;
- Reliability — наихудший показатель надежности на всем пути на основании сообщённых интервалов keepalive;
- Loading — наихудший показатель загрузки канала на всем пути на основании текущей загрузки канала (в пакетах/с) и настроенной на интерфейсе bandwidth.

По умолчанию используются первые две характеристики. Использование прочих характеристик приводит к частому пересчёту маршрутов.

Настройка EIGRP

Включить EIGRP:

```
! Включение протокола EIGRP
(config)# router eigrp <номер_автономной_системы>
! Перечисление сетей, в которых работает протокол
(config-router)# network <адрес_сети> netmask <маска_сети>
```

Изменить таймеры протокола для конкретного интерфейса:

```
! Переход в режим настройки интерфейса
(config)# interface <имя_интерфейса>
! Задание интервала Hello
(config-if)# ip hello-interval eigrp <номер_АС> <время_в_секундах>
! Задание интервала Hold
(config-if)# ip hold-time eigrp <номер_АС> <время_в_секундах>
```

Просмотр состояния EIGRP

Вывести информацию о соседях:

```
# show ip eigrp neighbors
```

Вывести информацию об интерфейсах, на которых работает EIGRP:

```
# show ip eigrp interfaces
```

Вывести таблицу топологии EIGRP:

```
# show ip eigrp topology
```

Вывести таблицу маршрутов, полученных по EIGRP:

```
# show ip route eigrp
```

13. OSPF

Управление OSPF

Включить протокол OSPF:

```
! Разрешение использования протокола OSPF
(config)# router ospf <идентификатор_процесса>
! Связывание сетей с номерами областей
(config-router)# network <адрес_сети> <маска_адреса_сети> area
<идентификатор_области>
```

Идентификатор процесса является числом. Идентификатор области может записываться как в виде числа, так и в виде октетов (как IP-адрес).

Пример настройки OSPF:

```
(config)# router ospf 1
(config-router)# network 192.168.1.0 255.255.255.0 area 1
(config-router)# network 192.168.2.0 255.255.255.0 area 0.0.0.2
```

Задать идентификатор маршрутизатора (Router ID) вручную:

```
(config)# router ospf <идентификатор_процесса>
(config-router)#router-id <IP-адрес>
```

Если Router ID не указан, то в качестве этого идентификатора будет назначен наибольший IP-адрес из всех настроенных.

Настройка интерфейса, участвующего в процессе OSPF:

```
(config)# interface <имя>
! Приоритет маршрутизатора
! Влияет на выборы DR в сети интерфейса
! Если priority=0, интерфейс не участвует в выборах
(config-if)# ip ospf priority <приоритет>
! Стоимость пути
! Чем меньше значение, тем приоритетнее путь
(config-if)# ip ospf cost <стоимость>
! Интервал повторной передачи в секундах
(config-if)# ip ospf retransmit-interval <время>
! Интервал передачи сообщений Hello в секундах
(config-if)# ip ospf hello-interval <время>
! Время в секундах, по истечении которого отказ интерфейса регистрируется
! По умолчанию, в 4 раза больше hello-interval
(config-if)# ip ospf dead-interval <время>
! Отключение аутентификации
(config-if)# ip ospf authentication null
! Включение аутентификации открытым текстом
```

```
(config-if)# ip ospf authentication
(config-if)# ip ospf authentication-key <пароль>
! Включение аутентификации хешами MD5
(config-if)# ip ospf authentication message-digest
(config-if)# ip ospf message-digest-key <номер_ключа> md5 <ключ>
```

Принудительно перезапустить алгоритм SPF:

```
# clear ip ospf process
```

Включить распространение других маршрутов, полученных из прочих источников, через процесс OSPF:

```
(config)# router ospf <идентификатор_процесса>
! Распространение маршрутов к подключенным сетям
(config-router)# redistribute connected
! Распространение статических маршрутов
(config-router)# redistribute static
! Распространение маршрутов BGP
(config-router)# redistribute bgp
! Распространение маршрутов EIGRP
(config-router)# redistribute eigrp
```

Просмотр состояния OSPF

Вывести информацию о протоколе:

```
# show ip ospf
```

Вывести информацию об известных граничных маршрутизаторах:

```
# show ip ospf border-routers
```

Вывести информацию о процессе OSPF на интерфейсе:

```
# show ip ospf interface <имя>
```

Показать известных соседей:

```
# show ip ospf neighbor
```

Вывести подробную информацию о соседе:

```
# show ip ospf neighbor <IP-адрес_соседа>
```

Показать маршруты, полученные по OSPF:

```
# show ip route ospf
```

14. BGP

Управление BGP

Включить и настроить BGP:

```
! Создание процесса BGP и указание номера автономной системы (AC)
(config)# router bgp <номер_AC>
! Ручное указание идентификатора маршрутизатора
! Автоматически будет выбран наибольший IP-адрес из настроенных
(config-router)# router-id <IP-адрес>
! Указание соседа
(config-router)# neighbor <IP-адрес> remote-as <номер_удалённой_AC>
! Задание описания (комментария) для соседа
(config-router)# neighbor <IP-адрес> description <описание>
! Включение аутентификации соседа
(config-router)# neighbor <IP-адрес> password <пароль>
! Изменение таймеров keepalive и hold глобально
! По умолчанию keepalive – 60 секунд, hold – 180 секунд
(config-router)# timers bgp <интервал_keepalive> <интервал_hold>
! Изменение таймеров keepalive и hold для конкретного соседа
(config-router)# neighbor <IP-адрес> timers bgp <интервал_keepalive>
<интервал_hold>
! Ручное задание веса маршрута
(config-router)# neighbor <IP-адрес> weight <вес>
! Указание сетей, которые надо анонсировать
(config-router)# network <адрес_сети> netmask <маска_адреса_сети>
```

Включить распространение других маршрутов, полученных из прочих источников, через процесс BGP:

```
(config)# router bgp <номер_AC>
! Распространение маршрутов к подключенным сетям
(config-router)# redistribute connected
! Распространение статических маршрутов
(config-router)# redistribute static
! Распространение маршрутов OSPF
(config-router)# redistribute ospf
! Распространение маршрутов EIGRP
(config-router)# redistribute eigrp
```

Применить изменения, сделанные в конфигурации протокола BGP:

```
! Полный сброс результатов работы протокола
# clear ip bgp *
```

```
! Полный сброс результатов работы протокола для конкретного соседа
# clear ip bgp <адрес_соседа>
```

Просмотр состояния BGP

Вывести информацию о протоколе:

```
# show ip bgp
```

Вывести краткую информацию о соседях:

```
# show ip bgp summary
```

Вывести детальную информацию о соседях:

```
# show ip bgp neighbors
```

Показать маршруты, полученные от конкретного соседа:

```
# show ip bgp neighbors <IP-адрес_соседа> routes
```

Показать маршруты, анонсируемые конкретному соседу:

```
# show ip bgp neighbors <IP-адрес_соседа> advertised-routes
```

Показать маршруты, полученные по BGP:

```
# show ip route bgp
```

15. Port Security

По умолчанию Port Security отключен на всех портах. Port Security не может быть включен на выходном порту SPAN. Для включения Port Security необходимо задать значение параметра switchport mode (access или trunk), так как Port Security не может быть включен на порту с настройками по умолчанию.

Управление Port Security

Включить Port Security на порту:

```
! Переход в режим настройки интерфейса
(config)# interface <имя>
! Выбор режима работы порта
(config-if)# switchport mode (access|trunk)
! Включение Port Security
(config-if)# switchport port-security
! Указание максимального количества запоминаемых MAC-адресов
(config-if)# switchport port-security maximum <значение>
! Указание максимального количества запоминаемых MAC-адресов для конкретной VLAN
! vlan-list может содержать список VLAN, разделённых запятыми, или диапазон
(config-if)# switchport port-security maximum <значение> vlan <vlan-list>
```

Задание реакции коммутатора на нарушение защиты Port Security:

```
! Запрет пакетов от неизвестного источника без уведомления
! Для магистрального порта VLAN срабатывает при нарушении защиты
! хотя бы в одной VLAN, поэтому не рекомендуется для switchport trunk
(config-if)# switchport port-security violation protect
! Запрет пакетов от неизвестного источника с уведомлением
! (SNMP trap, запись в syslog, инкремент счётчика нарушений)
(config-if)# switchport port-security violation restrict
```

Чтобы снять ограничение, вызванное реакциями protect или restrict, нужно удалить часть легитимных MAC-адресов или повысить количество запоминаемых.

```
! Перевод порта в состояние «отключен из-за ошибки»
(config-if)# switchport port-security violation shutdown
! Перевод порта в состояние «отключен из-за ошибки» только в той VLAN,
! в которой обнаружено нарушение
(config-if)# switchport port-security violation shutdown vlan
```

Чтобы вывести интерфейс из состояния «отключен из-за ошибки», нужно в режиме настройки этого интерфейса последовательно выполнить команды `shutdown` и `no shutdown`, либо из режима enable выполнить команду `errdisable recovery cause psecure-violation`.

Добавить легитимный MAC-адрес на порту:

```
! Для всех VLAN
(config-if)# switchport port-security mac-address <MAC-адрес>
! Для конкретных VLAN
(config-if)# switchport port-security mac-address <MAC-адрес> vlan <vlan-id>
```

Очистить список всех MAC-адресов, учтённых Port Security:

```
# clear port-security all
```

Просмотр состояния Port Security

Вывести настройки Port Security для коммутатора в целом:

```
# show port-security
```

Вывести настройки Port Security для конкретного порта:

```
# show port-security interface <имя>
```

Вывести заданные вручную легитимные MAC-адреса для порта:

```
# show port-security interface <имя> address
```

Вывести максимальное количество легитимных MAC-адресов на VLAN для интерфейса:

```
# show port-security interface <имя> vlan
```

16. 802.1X

Для работы протокола 802.1X необходимо настроить механизмы AAA (Аутентификация, Авторизация, Аккаунтинг). По умолчанию механизмы AAA отключены и протокол 802.1X неактивен. Порт, являющийся магистральным портом VLAN, и зеркалирующие порты не могут участвовать в процедурах 802.1X.

Коммутатор, выполняющий процедуры 802.1X, обычно работает с RADIUS-сервером. Естественно, перед настройкой 802.1X необходимо указать RADIUS-сервер с помощью команды `radius-server`.

Настройка 802.1X

Включить использование протокола 802.1X для аутентификации на порту:

```
! Создание новой модели AAA
(config)# aaa new-model
! Создание списка методов аутентификации для новой модели
! Вариант списка методов для аутентификации через локальную базу
пользователей
(config)# aaa authentication dot1x (<имя_списка>|default) local
! Вариант списка методов для аутентификации через RADIUS-сервер
(config)# aaa authentication dot1x (<имя_списка>|default) group radius
! Добавление адреса RADIUS-сервера для аутентификации
! Обычно RADIUS-сервер работает на порту 1812
! В ключе учитываются проблемы в середине и конце!
(config)# radius-server host <адрес> auth-port <порт_сервера> key <ключ>
! Вариант списка методов для отключения аутентификации
(config)# aaa authentication dot1x (<имя_списка>|default) none
! Активация использования 802.1X на коммутаторе
(config)# dot1x system-auth-control
! Настройка порта на использование 802.1X
! Перед выполнением команды убедитесь, что порт переведён в режим access!
(config)# interface <имя>
(config-if)# dot1x port-control auto
```

Включить принудительную периодическую аутентификацию:

```
! Переход в режим настройки порта
(config)# interface <имя>
! Включение периодической реаутентификации
(config-if)# dot1x reathentication
! Задание периода принудительной повторной аутентификации
! От 1 до 65535, по умолчанию 3600
(config-if)# dot1x timeout reauth-period <период_в_секундах>
```

Вручную инициировать принудительную аутентификацию на порту:

```
# dot1x re-authenticate interface <имя>
```

Настроить время до повтора попытки аутентификации на порту после неудачной попытки:

```
(config)# interface <имя>
! От 1 до 65535, по умолчанию 60
(config-if)# dot1x timeout quiet-period <период_в_секундах>
```

Установить максимальное количество попыток реаутентификации:

```
(config)# interface <имя>
! От 1 до 10, по умолчанию 2
(config-if)# dot1x max-reauth-req <количество>
```

Позволить нескольким клиентам проходить аутентификацию на одном порту независимо (по MAC-адресам):

```
(config)# interface <имя>
(config-if)# dot1x host-mode multi-host
! Отключение эту возможности
(config-if)# dot1x host-mode single-host
```

Сбросить настройки 802.1X интерфейса:

```
(config)# interface <имя>
(config-if)# dot1x default
```

Включить процедуру учёта (accounting) аутентификации на порту через RADIUS-сервер:

```
(config)# interface <имя>
(config-if)# aaa accounting dot1x default start-stop group radius
(config-if)# aaa accounting system default start-stop group radius
```

Просмотр состояния 802.1X

Показать сведения о версии используемого протокола:

```
#show dot1x
```

Показать все сведения о настройке 802.1X:

```
#show dot1x all
```

Показать статистику 802.1X для всех портов:

```
#show dot1x all statistics
```

Показать сведения о настройке и состоянии конкретного порта:

```
#show dot1x interface <имя>
```

Показать статистику 802.1X для конкретного порта:

```
#show dot1x interface <имя> statistics
```

17. ACL

В IOS ACL именуются по номерам. Номера ACL образуют диапазоны, имеющие строго определённое назначение. В таблице приведены только те диапазоны, которые поддерживаются коммутаторами Catalyst 2960 и 3560:

Диапазон	Назначение
1-99	Основной диапазон стандартных IP ACL
100-199	Основной диапазон расширенных IP ACL
1300-1999	Дополнительный диапазон стандартных IP ACL
2000-2699	Дополнительный диапазон расширенных IP ACL

Остальные диапазоны относятся к устаревшим и/или малоприменяемым протоколам, таким как IPX и DECnet.

Для Catalyst при указании маски в ACL применяется инвертированная маска (то есть вместо 255.255.255.0 требуется указывать 0.0.0.255). Если маска не указывается, то по умолчанию подставляется 0.0.0.0. Для ASA указывается неинвертированная маска.

Каждый ACL может содержать несколько записей (Access List Entry, ACE). Записи добавляются в список последовательно, одна за одной. Нет возможности удалить запись из списка без удаления самого списка. Если при добавлении ACE в ACL этот ACL не существовал, он будет создан. Последней записью автоматически включается ACE, запрещающая все пакеты.

Управление ACL

Стандартный ACL позволяет указывать только адрес отправителя и инвертированную маску в качестве параметра. Создать стандартный ACL:

```
! Добавление разрешающей ACE в ACL
(config)# access-list <номер_ACL> permit <источник> [<инвертированная_маска>]
! Создание запрещающей ACE в ACL
(config)# access-list <номер_ACL> deny <источник> [<инвертированная_маска>]
```

Поле «источник» может записываться в нескольких форматах:

- IP-адрес, записанный октетами;
- ключевое слово «any», означающее запись 0.0.0.0 255.255.255.255, то есть любой адрес;
- ключевое слово «host», после которого указан адрес узла. Такой формат автоматически устанавливает поле «маска» в 0.0.0.0.

Расширенный ACL позволяет указывать адреса отправителя и получателя, а также протокол. Список протоколов и их мнемоник представлен в таблице:

Протокол	Мнемоника
AH (IPSec)	ahp
EIGRP	eigrp
ESP (IPSec)	esp

GRE	gre
ICMP	icmp
IGMP	igmp
IP (любой протокол)	ip
OSPF	ospf
TCP	tcp
UDP	udp

Создать расширенный ACL:

```
(config)# access-list <номер_ACL> (deny|permit) <протокол> <источник>
<инвертированная_маска> <получатель> <инвертированная маска>
```

В расширенном ACL также можно указать и порт для протоколов TCP и UDP:

```
(config)# access-list <номер_ACL> (deny|permit) <протокол> <источник>
<инвертированная_маска> [<оператор_сравнения> <порт>] <получатель>
<инвертированная_маска> [<оператор_сравнения> <порт>]
```

Оператор сравнения может быть следующим:

Оператор	Мнемоника
Равно (=)	eq
Больше (>)	gt
Меньше (<)	lt
Не равно (≠)	neq
Отрезок	range

Отрезок требует указания двух номеров портов — начала отрезка и его конца.

Правила для записи полей «источник» и «получатель» такие же, как и для записи поля «источник» в стандартных ACL.

Пример стандартного ACL:

```
! Разрешить пакеты от узла 192.168.0.1
(config)# access-list 10 permit host 192.168.0.1
! Запретить пакеты от сети 192.168.0.0/24
(config)# access-list 10 deny 192.168.0.0 0.0.0.255
! Запретить пакеты от любых источников
! Такое правило добавляется в конец автоматически
(config)# access-list 10 deny any
```

Пример расширенного ACL:

```
! Разрешить пакеты от узла 192.168.0.1 узлу 192.168.1.1 по протоколу TCP
(config)# access-list 110 permit tcp host 192.168.0.1 host 192.168.1.1
! Разрешить пакеты от любого узла любову узлу
! по протоколу UDP с портов младше 1024 на порты старше 1024
! Порт 1024 в данной ACE не учтён!
```

```
(config)# access-list 110 permit udp any lt 1024 any gt 1024
! Запретить ICMP от любых источников в сеть 192.168.0.0/24
(config)# access-list 110 deny icmp any 192.168.0.0 0.0.0.255
```

Применение ACL

Применение ACL для контроля telnet-линий

```
! Переход в режим настройки telnet-линий
(config)# line vty 0 4
! Указание ACL для контроля входящего трафика
(config-line)# access-class <номер_ACL> in
! Указание ACL для контроля исходящего трафика
(config-line)# access-class <номер_ACL> out
```

Применение ACL для контроля портов

ACL могут применяться:

- для контроля входящего трафика на портах 2 уровня;
- для контроля исходящего и входящего трафика на портах 3 уровня;

ACL порта 2 уровня приоритетнее ACL VLAN и входящего ACL для порта 3 уровня.

```
! Переход в режим настройки интерфейса
(config)# interface <имя>
! Указание ACL
(config-if)# ip access-group <номер_ACL> (in|out)
```

Просмотр настройки ACL

Вывести список созданных ACL:

```
#show access-lists
```

Вывести список только IP ACL:

```
#show ip access-lists
```

Вывести информацию только о конкретной ACL:

```
#show access-lists <номер_ACL>
```

Вывести информацию только о конкретной IP ACL:

```
#show ip access-lists <номер_ACL>
```

18. DHCP

По умолчанию на коммутаторах DHCP-сервер включен, но не настроен. DHCP-сервер, встроенный в коммутатор, является полнофункциональным DHCP-сервером. Если он не сможет удовлетворить запрос, то может перенаправить этот запрос другим DHCP-серверам.

Управление DHCP-сервером

Включить DHCP-сервер:

```
(config)# service dhcp
```

Указать расположение базы привязок. База привязок — это файл, в котором хранятся сведения о связке между IP-адресом, MAC-адресом, временем аренды, интерфейсом и VLAN. Файл формируется коммутатором автоматически и может храниться на FTP-, TFTP-, RCP-сервере или на локальном флеш-диске.

```
(config)# ip dhcp database <url>
```

Примеры <url>:

- ftp://myserver/filename
- rcp://1.2.3.4/filename
- flash:/database

Если вы не хотите хранить эту базу, требуется отключить функцию журналирования конфликтов адресов:

```
(config)# no ip dhcp conflict logging
```

После указания подсети для пула адресов DHCP-сервер полагает, что все адреса из пула доступны для выдачи. Ограничить список адресов, доступных для аренды:

```
(config)# ip dhcp excluded-address (<адрес>|<начало_диапазона>)
[<конец_диапазона>]
```

Если указать и начало, и конец диапазона, то из адресов, доступных для аренды, будут изъяты все адреса, входящие в диапазон.

Настроить диапазон адресов для аренды:

```
! Создать новый диапазон
(config)# ip dhcp pool <имя>
! Задать список адресов
(dhcp-config)# network <адрес_сети> (<маска>|</длина_маски>)
! Установить опцию «Имя домена»
(dhcp-config)# domain-name <имя_домена>
! Указать список DNS-серверов
(dhcp-config)# dns-server <адрес1> [<адрес2> <адрес3> …]
! Указать маршрутизатор по умолчанию
(dhcp-config)# default-router <адрес1> [<адрес2> <адрес3> …]
! Указать время аренды адреса (по умолчанию 1 день)
(dhcp-config)# lease (<дней> [<часов> <минут>]|infinite)
```

Чтобы задать привязку конкретного IP-адреса к MAC-адресу клиента, нужно создать новый диапазон для каждой такой привязки следующим образом:

```
! Создать новый диапазон
(config)# ip dhcp pool <имя>
! Указать выдаваемый адрес
(dhcp-config)# host <IP-адрес>
! Указать MAC-адрес клиента в формате 01aa.bbcc.ddee.ff,
! где aabbccddeeff – MAC-адрес клиента, а 01 – тип среды (Ethernet)
(dhcp-config)# client-identifier <MAC-адрес>
! Установить опцию «Имя домена»
(dhcp-config)# domain-name <имя_домена>
! Указать список DNS-серверов
(dhcp-config)# dns-server <адрес1> [<адрес2> <адрес3> …]
! Указать маршрутизатор по умолчанию
(dhcp-config)# default-router <адрес1> [<адрес2> <адрес3> …]
! Указать время аренды адреса (по умолчанию 1 день)
(dhcp-config)# lease (<дней> [<часов> <минут>]|infinite)
```

Сброс списка выданных адресов:

```
! Сбросить весь список
# clear ip dhcp binding
! Сбросить информацию о конкретном адресе
# clear ip dhcp binding <IP-адрес>
```

Просмотр состояния DHCP-сервера

Показать все выданные адреса:

```
# show ip dhcp binding
```

Показать физический адрес узла, которому был выдан указанный IP-адрес:

```
# show ip dhcp binding <IP-адрес>
```

Показать список возникших конфликтов при назначении адресов:

```
# show ip dhcp conflict
```

Показать статистику:

```
# show ip dhcp server statistics
```

19. SNMP

Управление SNMP

Включить доступ к системной информации по протоколу SNMP (версии 1 или 2):

```
(config)# snmp-server community <имя_сообщества> (ro|rw)
```

Пример:

```
! Сообщество с именем com_public имеет возможность читать данные
(config)# snmp-server community com_public ro
! Сообщество с именем com_private имеет возможность читать данные
! и изменять настройки
(config)# snmp-server community com_private rw
```

Просмотр состояния SNMP

Вывести список созданных сообществ:

```
# show snmp community
```

20. Синхронизация системных часов с NTP-сервером

Управление NTP

Включить синхронизацию системных часов с NTP-сервером:

```
! Задание временной зоны относительно GMT
(config)# clock timezone MSK 3
! Задание NTP-сервера
(config)# ntp server <IP-адрес>
```

Просмотр состояния NTP

Показать текущее время:

```
# show clock
```

Показать настройки протокола NTP:

```
# show ntp status
# show ntp association
# show ntp association detail
```

21. QoS

Процедуры QoS для транзитного пакета разбиваются на несколько задач:

- классификация (classification) — исследовать пакет и выработать метку QoS на основе ACL;
- анализ на соответствие политике (policing) — сравнить скорость входящего потока с допустимой скоростью, установленной политикой, и решить, попадает пакет под действие политики или нет;
- отметка (mark) — на основе результата анализа на соответствие политике и настроек принять решение о пропускании пакета, его отметке или отбрасывании;
- создание входных очередей и диспетчеризация (ingress queueing and scheduling) — на основе метки QoS решить, в какую входящую (ingress) очередь поместить пакет, и обслужить очереди согласно установленным весам;
- создание выходных очередей и диспетчеризация (egress queueing and scheduling) — на основе метки QoS решить, в какую выходящую (egress) очередь поместить пакет, и обслужить очереди согласно установленным весам.

Для классификации используются стандартные и расширенные ACL. Если в ACL пакет совпадает с permit-ACE, то выполняется действие, связанное с этим ACL. Если пакет совпадает с deny-ACE, то анализ этого ACL прекращается и начинается анализ следующего ACL. Если среди всех заданных ACL не обнаружилось permit-ACE, то процедуры QoS для этого пакета не выполняются. При наличии нескольких ACL их просмотр прекращается после первой найденной permit-ACE. К ACL присоединяется политика, которая объединяет выделенные ACL пакеты в группу (например, устанавливает значение поля DSCP) или ограничивает скорость потока группы (rate-limit). После этого политика соединяется с портом и становится действующей.

Классификация также может выполняться на основе классовых карт (class map).

Анализ на соответствие политике подразумевает создание объекта-ограничителя (policer), который определяет доступную для класса полосу пропускания. Объект-ограничитель, анализируя пакет за пакетом, принимает решения, попадает пакет под политику или нет и какие действия необходимо с ним выполнить в случае превышения допустимой полосы — пропустить пакет без изменений, отбросить его или пропустить, изменив значение DSCP.

На физических портах можно создать следующие типы объектов-ограничителей:

- индивидуальный — ограничения по полосе пропускания применяются к каждому классу отдельно;
- суммарный — ограничения по полосе пропускания накладываются на суммарный поток классов.

На виртуальных интерфейсах возможно создание только индивидуальных объектов-ограничителей.

Для ограничения потоков используется алгоритм «дырявого ведра». Можно представить очередь как ведро с небольшим отверстием в основании. Вне зависимости от заполненности ведра через отверстие поток будет вытекать с фиксированной скоростью (в идеальных физических условиях). Если очередной пакет не помещается в «ведро» (то есть очередь переполнена), он считается не подходящим под политику и принимается решение о действии (пропускание, отбрасывание или замена поля). Настраивается как глубина «ведра», так и размер «отверстия».

Для очередей исходящих пакетов могут использоваться два режима разделения полосы —

урезание (shaping) или разделение (sharing). В режиме урезания каждый класс получает свою гарантированную полосу и не может превысить её. В режиме разделения каждый класс получает гарантированную полосу, однако если другие классы не используют выделенную им полосу целиком, то некоторые классы могут временно использовать часть полосы, выделенной другим классам. Для входящих очередей применяется только режим разделения.

Отбрасывание пакетов при заполнении очереди происходит по алгоритму WTD (Weighted Tail Drop, взвешенное отбрасывание хвоста). В соответствии с этим алгоритмом очередь имеет 3 порога, с которыми ассоциированы характеристики класса (DSCP или CoS). После достижения очередного порога начинают отбрасываться пакеты, принадлежащие ассоциированным с достигнутым порогом классам. Таким образом более приоритетные пакеты отбрасываются позже менее приоритетных.

По умолчанию процедуры QoS отключены. После разрешения использовать QoS по умолчанию трафик обслуживается без применения ограничителей (поля DSCP и CoS устанавливаются в 0), то есть изменений не происходит. По умолчанию имеются две входящие очереди следующих характеристик:

Параметр	Очередь 1	Очередь 2
Размер буфера	90%	10%
Выделенная полоса пропускания	4	4
Приоритетная полоса пропускания	0	10
Первый порог отбрасывания алгоритма WTD	100%	100%
Второй порог отбрасывания алгоритма WTD	100%	100%

Таким образом, очередь 2 — приоритетная, то есть пакеты из неё будут обслужены как можно скорее. Связь порогов алгоритма WTD с классами следующая (из таблицы не вытекает связь значений CoS и DSCP):

CoS	DSCP	Очередь — порог WTD
0-4	0-39	1-1
5	40-47	2-1
6,7	48-63	1-1

По умолчанию имеются четыре выходные очереди со следующими характеристиками:

Параметр	Очередь 1	Очередь 2	Очередь 3	Очередь 4
Размер буфера	25%	25%	25%	25%
Первый порог отбрасывания алгоритма WTD	100%	200%	100%	100%
Второй порог отбрасывания алгоритма WTD	100%	200%	100%	100%
Резервный размер буфера	50%	50%	50%	50%
Максимальный размер буфера	400%	400%	400%	400%
Веса для урезания	25	0	0	0
Веса для разделения	25	25	25	25

Таким образом, очереди разделяют общий буфер, по умолчанию занимают по четверти его длины, но могут увеличиваться до 4 раз. Все порты по умолчанию включены в очередь 1. Связь порогов алгоритма WTD с классами следующая (из таблицы не вытекает связь значений CoS и DSCP):

CoS	DSCP	Очередь — порог WTD
0,1	0-15	2-1
2,3	16-31	3-1
4	32-39	4-1
5	40-47	1-1
6,7	48-63	4-1

Настройка QoS

Включить процедуры QoS на устройстве:

```
(config)# mls qos
```

Разрешить использование QoS для VLAN (по умолчанию запрещено для всех интерфейсов):

```
(config)# interface <имя>
(config-if)# mls qos vlan-based
```

Настроить состояние доверия (trust state) портов (по умолчанию все порты являются недоверенными):

```
(config)# interface <имя>
(config-if)# mls qos trust [cos | dscp | ip-precedence]
```

Если параметр доверия не указан, по умолчанию выбирается dscp. Параметр определяет, в соответствии с каким полем будет происходить классификация входящего пакета. Для нетегированного пакета используется значение CoS по умолчанию (по умолчанию установлено в 0).

Настроить CoS по умолчанию:

```
(config)# interface <имя>
(config)# mls qos cos (<cos_по_умолчанию> | override)
```

Установленный ключ override сбрасывает предыдущее состояние доверия пакета и перезаписывает (или устанавливает, если пакет нетегирован) значение CoS установленным значением по умолчанию. По умолчанию такое поведение отключено.

Отключить изменение поля DSCP пакета (функция «прозрачный режим DSCP»):

```
(config)# mls qos
(config)# no mls qos rewrite ip dscp
```

По умолчанию прозрачный режим DSCP отключен (то есть поле DSCP может изменяться).

Создать классовую карту:

```
(config)# class-map [match-all | match-any] <имя_классовой_карты>
(config-cmap)# match (access-group <номер_ACL> | ip dscp <список_значений> |
ip precedence <список_значений>)
```

Ключ match-all задаёт логическую операцию И для всех правил классовой карты (включен

по умолчанию). Ключ match-any задаёт логическую операцию ИЛИ для всех правил классовой карты. Команда match создаёт очередное правило классовой карты. Команд match для каждой классовой карты может быть несколько. В списках значений разделителем является пробел.

Пример классовой карты, построенной на основе списка доступа:

```
! Расширенный список доступа, выделяющий пакеты со значением DSCP=10
(config)# access-list 103 permit ip any any dscp 10
(config)# class-map class1
(config-cmap)# match access-group 103
(config-cmap)# end
```

Примеры классовых карт, не использующей списки доступа:

```
! Классовая карта, выделяющая пакеты со значением DSCP 10, 11 или 12
(config)# class-map class2
(config-cmap)# match ip dscp 10 11 12
(config-cmap)# exit
! Классовая карта, выделяющая пакеты со значением IP Precedence 5, 6 или 7
(config)# class-map class3
(config-cmap)# match ip precedence 5 6 7
(config-cmap)# exit
```

Для классификации, применения политик и отметки пакетов применяются карты политик (policy map, PMAP). К входящему направлению порта может быть применена только одна PMAP. PMAP и состояние доверия могут работать одновременно, в этом случае сначала применяется PMAP. Неклассифицированный трафик, проходя через PMAP, рассматривается как классифицированный по умолчанию (настраивается в PMAP). В одном PMAP может настраиваться несколько классов.

Создать и настроить policy map:

```
! Создание PMAP
(config)# policy-map <имя_PMAP>
! Указание класса трафика и переход в режим настройки этого класса
! Если после class ничего не указано, считается, что настраивается класс по умолчанию
(config-pmap)# class [<имя_классовой_карты> | class-default]
! Выбор «режима доверия» - параметра, по которому генерируется метка QoS
! По умолчанию порт находится в недоверительном режиме
! Если после trust ничего не указано, выбирается dscp
(config-pmap-c)# trust [cos | dscp | ip-precedence]
! Классификация трафика путём установки нового значения dscp или ip precedence
! Несовместима с trust
(config-pmap-c)# set (dscp <новое_dscp> | ip precedence <новое_ip_precedence>)
```

```
! Определение объекта-ограничителя

(config-pmap-c)# police <скорость_в_битах/с>
<допустимое_превышение_в_битах/с> [exceed-action (drop | policed-dscp-
transmit)]

! Скорость варьируется в пределах от 8000 до 10000000000 (10 Гбит/с)

! Допустимое превышение варьируется от 8000 до 1000000 (1 Мбит/с)

! exceed-action задаёт действие при превышении полосы

! exceed-action drop – отбросить пакет

! exceed-action policed-dscp-transmit – снизить значение dscp

!

! Выход в режим настройки PMAP

(config-pmap-c)# exit

! Выход в режим глобальной настройки

(config-pmap)# exit

! Переход в режим настройки интерфейса

(config)# interface <имя>

! Связывание PMAP со входной очередью интерфейса

(config-if)# service-policy input <имя_PMAP>
```

Пример PMAP, ограничивающей скорость передачи трафика в сеть 10.1.0.0/16 до 1 Мбит/с + 1 Кбит/с:

```
(config)# access-list 1 permit 10.1.0.0 0.0.255.255

(config)# class-map ipclass1

(config-cmap)# match access-group 1

(config-cmap)# exit

(config)# policy-map flow1t

(config-pmap)# class ipclass1

(config-pmap-c)# trust dscp

(config-pmap-c)# police 1000000 8000 exceed-action policed-dscp-transmit

(config-pmap-c)# exit

(config-pmap)# exit

(config)# interface gigabitethernet0/1

(config-if)# service-policy input flow1t
```

Настройка агрегированных политик:

```
! Создание агрегированной политики

(config)# mls qos aggregate-policer <имя_политики> <скорость_в_битах/с>
<допустимое_превышение_в_битах/с> exceed-action (drop | policed-dscp-
transmit)

! Дальше идёт обычный процесс настройки ограничительной PMAP:

!  создание и заполнение классовой карты

(config)# class-map [match-all | match-any] <имя_классовой_карты>
```

```
(config-cmap)# match ...

!  создание PMAP

(config)# policy-map <имя_PMAP>

(config-pmap)# class [<имя_классовой_карты> | class-default]

! Задание использования агрегированной политики

(config-pmap-c)# police aggregate <имя_агрегированной политики>

! Выход в режим настройки PMAP

(config-pmap-c)# exit

! Выход в режим глобальной настройки

(config-pmap)# exit

! Переход в режим настройки интерфейса

(config)# interface <имя>

! Связывание PMAP со входной очередью интерфейса

(config-if)# service-policy input <имя_PMAP>
```

Распределить классы по входящим очередям и определить пороги WTD:

```
! Не забывайте, что входящих очередей только 2 и порогов тоже 2

! Распределение классов по критерию DSCP

(config)# mls qos srr-queue input dscp-map queue <номер_очереди> threshold
<номер_порога> <значение_dscp№1> ... <значение_dscp№8>

! Распределение классов по критерию CoS

(config)# mls qos srr-queue input cos-map queue <номер_очереди> threshold
<номер_порога> <значение_cos№1> ... <значение_cos№8>

! Задание порогов WTD для очереди

(config)# mls qos srr-queue input threshold <номер_очереди> <порог1> <порог2>
```

Пример распределения классов:

```
! Классы со значением DSCP 0-6 попадают в очередь 1 на порог 1

(config)# mls qos srr-queue input dscp-map queue 1 threshold 1 0 1 2 3 4 5 6

! Классы со значением DSCP 20-26 попадают в очередь 1 на порог 2

(config)# mls qos srr-queue input dscp-map queue 1 threshold 2 20 21 22 23 24
25 26

! Порог 1 – 50%, порог 2 - 70%

(config)# mls qos srr-queue input threshold 1 50 70
```

Распределить буфер между входящими очередями:

```
(config)# mls qos srr-queue input buffers <буфер1_в_процентах>
<буфер2_в_процентах>
```

Распределить полосу пропускания между входящими очередями:

```
! Полоса задаётся взвешенным значением, то есть в долях в пределах от 1 до
100

(config)# mls qos srr-queue input bandwidth <полоса_очереди1>
<полоса_очереди2>
```

Задать полосу пропускания для приоритетной очереди и назначить одну из очередей в качестве приоритетной:

```
(config)# mls qos srr-queue input priority-queue <номер_очереди> bandwidth
<полоса_в_долях>
```

Настройки исходящих буферов считаются компанией Cisco оптимальными и не рекомендуются к изменению. Однако если требуется, их можно изменить.

Распределить буфер между исходящими очередями и задать пороги WTD:

```
! Существует два набора по 4 очереди

! Каждый интерфейс входит в один из этих наборов

! и наследует настройки очередей этого набора

! Размеры буферов для очередей 1, 3 и 4 изменяются от 0 до 99

! Размер буфера для очереди 2 изменяется от 1 до 100

(config)# mls qos queue-set output <номер_набора> buffers
<размер_буфера1_в_долях> ... <размер_буфера2_в_долях>

! Пороги изменяются в пределах от 1% до 3200%

! Резервное превышение изменяется в пределах от 1% до 100%

! Максимальное превышение изменяется в пределах от 1% до 3200%

(config)# mls qos queue-set output <номер_набора> threshold <номер_очереди>
<порог1_в_процентах> <порог1_в_процентах> <резервное_превышение>
<максимальное_превышение>

! Переход в режим настройки интерфейса

(config)# interface <имя>

! Привязка интерфейса к набору очередей

(config)# queue-set <номер_набора>
```

Распределить классы по выходными очередям:

```
! Распределение классов по критерию DSCP

(config)# mls qos srr-queue output dscp-map queue <номер_очереди> threshold
<номер_порога> <значение_dscp№1> ... <значение_dscp№8>

! Распределение классов по критерию CoS

(config)# mls qos srr-queue output cos-map queue <номер_очереди> threshold
<номер_порога> <значение_cos№1> ... <значение_cos№8>
```

Определить правила урезания (shaping) полосы пропускания на интерфейсе:

```
(config)# interface <имя>

! Настройка весов очередей в режиме ограничения полосы

! Единица делится на введённое значение веса

! Полученное число является назначенной долей полосы пропускания

! Вес изменяется в пределах от 0 до 65535

! Вес, равный 0, означает, что очередь находится

! в режиме разделения полосы (sharing)

(config-if)# srr-queue bandwidth shape <вес_очереди1> <вес_очереди2>
<вес_очереди3> <вес_очереди4>
```

Настроить доли полосы для очередей в режиме разделения полосы:

```
(config)# interface <имя>
! Настройка весов очередей в режиме разделения полосы
! Вес изменяется в пределах от 1 до 255
(config-if)# srr-queue bandwidth share <вес_очереди1> <вес_очереди2>
<вес_очереди3> <вес_очереди4>
```

Ограничить полосу для выходной очереди:

```
(config)# interface <имя>
! Задание процента скорости порта, до которого требуется ограничить скорость
! Вес варьируется в пределах от 10% до 90%
(config-if)# srr-queue bandwidth limit <вес>
```

Просмотр информации о QoS

Показать настроенные классовые карты:

```
# show class-map
```

Показать глобальную конфигурацию QoS:

```
# show mls qos
```

Показать настроенные агрегированные политики:

```
# show mls qos aggregate-policer
```

Показать настройки входных очередей:

```
# show mls qos input-queue
```

Показать настройки QoS для порта:

```
# show mls qos interface [<имя>]
```

Показать настройки выходных очередей:

```
# show mls qos queue-set [<номер_набора>]
```

Показать настроенные PMAP:

```
# show policy-map
```

3. Управление брандмауэром Cisco ASA 5500 Series

1. Режимы работы ASA 5500

Cisco ASA 5505 может работать в 2 режимах — маршрутизирующем и прозрачном. При смене режимов ASA очищает текущую конфигурацию, не изменяя загрузочную.

Маршрутизирущий режим

В этом режиме ASA выступает в роли обычного узла (hop) сети, осуществляя при этом фильтрацию трафика в соответствии с правилами межсетевого экрана. ASA работает в этом режиме по умолчанию.

Прозрачный режим

Прозрачный (Transparent). В этом режиме ASA осуществляет только фильтрацию трафика, но не маршрутизирует его, а только лишь перенаправляет с порта inside («внутрений») на порт outside («внешний»). ASA в этом режиме незаметна для атакующего, однако может фильтровать только трафик 2 уровня. Пакеты уровня 2 пропускаются только для следующих MAC-адресов:

- широковещательный адрес (FFFF.FFFF.FFFF);
- групповые адреса IPv4 (0100.5E00.0000-0100.5EFE.FFFF);
- групповые адреса IPv6 (3333.0000.0000-3333.FFFF.FFFF);
- адрес групповой рассылки BPDU (0100.0CCC.CCCD).

Пакеты уровня 3 фильтруются в соответствии с параметром «security» интерфейсов. Пакеты ARP пропускаются без ограничений.

Для работы в этом режиме требуется настройка IP-адреса для управления ASA и работы механизма пропускания трафика. Этот адрес назначается устройству в целом, а не конкретному интерфейсу, и используется в качестве адреса отправителя в пакетах, отправленных с ASA. Адрес должен принадлежать сети, к которой подключен интерфейс. Так как интерфейс управления обновляет таблицу MAC-адресов также, как и порт данных, никогда не подключайте интерфейс для управления и интерфейс для данных к одному коммутатору, иначе при получении пакета управления на порт управления будет изменена таблица MAC-адресов и ASA будет пытаться отправить коммутатору пакет данных через порт управления.

Чтобы перейти к настройке интерфейса управления, выполните команду:

```
(config)# interface management0/0
```

Можно настроить интерфейсы management0/0 и management0/1.

В этом режиме не поддерживается терминация VPN, протоколы динамической маршрутизации (как и сама маршрутизация) и процедуры QoS.

Чтобы включить прозрачный режим, выполните следующую команду:

```
(config)# firewall transparent
```

Чтобы выключить прозрачный режим (и включить маршрутизирующий), выполните следующую команду:

```
(config)# no firewall transparent
```

2. Интерфейсы ASA 5500 Series

Cisco ASA 5505 имеет 8 Ethernet-портов, которые могут работать в 2 режимах:

- порты коммутатора 2 уровня;
- порты, образующие VLAN:
  - в маршрутизирующем режиме происходит маршрутизация трафика между VLAN с учётом политик межсетевого экрана и VPN;
  - в прозрачном режиме происходит перенаправление трафика между VLAN одной подсети в соответствии с политиками межсетевого экрана.

При перенаправлении трафика между портами, входящими в одну VLAN, политики МСЭ не применяются. В прозрачном режиме разрешено создать не более 2 VLAN, в маршрутизирующем — не более 3, причём одна из них (VLAN для построения демилитаризованной зоны, DMZ) сможет инициировать обмен трафиком только в одну из двух других VLAN. Создать тегирующий порт нельзя (то есть невозможно построение магистральных линий связи между устройствами, обслуживающими более одной VLAN).

Нельзя создать подынтерфейс.

Для каждого интерфейса должен быть задан параметр `security` в границах от 0 до 100. Это параметр, определяющий базовую возможность взаимодействия между портами: порт с большим значением `security` всегда может инициировать соединения на порт с меньшим значением `security`, при этом порт с меньшим значением `security` не может инициировать соединения на порт с большим значением `security`. Порты с равным значением `security` могут свободно взаимодействовать между собой. Таким образом, обычно `security=100` задают для порта, присоединённого к локальной сети, `security=0` — для порта, присоединённого ко внешней сети, а порту, присоединённому к DMZ, присваивается промежуточное значение. Дальнейшее ограничение доступа осуществляется с помощью списков контроля доступа (Access Control Lists, ACL). Также по этим значениям определяется тип соединения — входящее (с порта с меньшим `security` на порт с большим `security`) или исходящее (с порта с большим `security` на порт с меньшим `security`). По умолчанию интерфейсу присваивается `security=0`. Если интерфейс называется `inside`, то для него по умолчанию `security=100`.

Перейти в режим настройки VLAN:

```
(config)# interface vlan <vlan_id>
```

vlan_id может иметь значение от 0 до 4090.

Настроить «DMZ VLAN» (VLAN, из которой могут устанавливаться соединения только в одну из двух других VLAN):

```
(config-if)# no forward interface vlan <vlan_id>
```

Здесь vlan_id — номер VLAN, в которую запрещено устанавливать соединения. «DMZ VLAN» должна быть настроена до создания третьей VLAN.

Включить порт в VLAN:

```
(config)# interface <имя>
(config-if)# switchport access vlan <vlan_id>
```

Запретить взаимодействие с другими защищёнными портами в VLAN:

```
(config-if)# switchport protected
```

Если вы настраиваете VLAN, то следующие параметры надо назначать интерфейсу VLAN, а не каждому физическому интерфейсу.

Задать интерфейсу имя:

```
(config-if)# nameif <символьное_имя>
```

Символьное имя должно быть не длиннее 48 символов, регистр не имеет значения.

Задать интерфейсу значение `security`:

```
(config-if)# security-level <значение>
```

Задать интерфейсу IP-адрес:

```
(config-if)# ip address <адрес> <маска>
```

Включить получение IP-адреса по DHCP:

```
(config-if)# ip address dhcp [setroute]
```

Ключ setroute разрешает использование маршрута по умолчанию, получаемого от DHCP-сервера.

Настроить интерфейс как интерфейс управления:

```
(config-if)# management-only
```

По умолчанию все интерфейсы административно отключены. Чтобы включить их, выполните команду `no shutdown` в режиме настройки интерфейса.

Вывести настройки всех интерфейсов:

```
# show interface
```

Вывести краткие настройки IP-интерфейсов:

```
# show interface ip brief
```

3. Базовые настройки ASA 5500 Series

Пароль для Telnet/SSH-соединений (по умолчанию «cisco»):

```
(config)# password <пароль>
```

Пароль для переходя в привилегированный режим («enable»):

```
(config)# enable password <пароль>
```

Имя устройства (hostname):

```
(config)# hostname <имя_узла>
```

Имя домена:

```
(config)# domain-name <имя_домена>
```

Дата и время:

```
(config)# clock set <часы>:<минуты>:<секунды> <день> <месяц> <год>
```

Месяц вводится словом: january, february, march, april, may, june, july, august, september, october, november, december.

4. Списки контроля доступа (ACL) ASA 5500 Series

Список контроля доступа — инструмент для фильтрации трафика. Каждый список доступа состоит из нескольких записей контроля доступа (Access Control Entry, ACE). Каждая такая запись разрешает или запрещает перенаправление попадающего под правила этой записи пакета. Каждая новая ACE по умолчанию добавляется в конец списка. ACE применяются по порядку их появления в списке.

Существует два типа списков доступа:

- Стандартные (standard) — применяются для контроля адресов направлений в маршрутах OSPF. Не могут быть назначены интерфейсам для фильтрации трафика. В конец всегда добавляется правило, запрещающее весь трафик.
- Расширенные (extended) — определяют адреса отправителя и получателя, протокол, порты (для TCP и UDP) и типы сообщений ICMP.

Создание стандартного списка доступа

```
(config)# access-list <имя_ACL> standard {deny | permit} {any | <IP-адрес>
<маска>}
```

Создание расширенного списка доступа

Для IP-трафика, без указания портов:

```
(config)# access-list <имя_ACL> [line <номер_строки>] extended {deny |
permit} <протокол> <адрес_отправителя> <маска> <адрес_получателя> <маска>
```

Протокол может быть задан по имени или по номеру. Список протоколов с именами и номерами можно посмотреть в файле /etc/protocols на компьютерах.

Для трафика UDP и TCP:

```
(config)# access-list <имя_ACL> [line <номер_строки>] extended {deny |
permit}
{tcp | udp} <адрес_отправителя> <маска> [<оператор> <порт>]
<адрес_получателя> <маска> [<оператор> <порт>]
```

Оператор может принимать все значения, которые он может принимать в маршрутизаторах и коммутаторах Cisco.

Для трафика ICMP:

```
(config)# access-list <имя_ACL> [line <номер_строки>] extended {deny |
permit} icmp <адрес_отправителя> <маска> <адрес_получателя> <маска>
[<тип_ICMP>]
```

Для полей «адрес отправителя», «адрес получателя» и «маска» действуют модификаторы any и host. Маска вводится в прямой форме.

Применение расширенных списков для контроля доступа

Для каждого порта можно контролировать два потока трафика:

- Inbound (входящий) — поток, проходящий от внешних узлов через порт в ASA;
- Outbound (исходящий) — поток, выходящий через порт ASA к внешним узлам.

Таким образом, один пакет может быть подвергнут как входной, так и выходной

фильтрации.

Список контроля входящего потока может применяться к отдельному порту или ко всему устройству в целом. При этом глобальный список контроля доступа не перекрывает интерфейсные списки, они применяются последовательно: сначала интерфейсный, затем глобальный.

Для протоколов TCP и UDP ASA создаёт запись о двунаправленном соединении и, соответственно, разрешает обратный трафик, относящийся к этому соединению. Для протокола ICMP ASA создаёт запись об однонаправленном соединении, поэтому требуется разрешать обратный ICMP-трафик отдельно.

Применить список контроля доступа к интерфейсу:

(config)# access-group <*имя_ACL*> {in | out} interface <*имя_интерфейса*>

5. Network Address Translation (NAT) ASA 5500 Series

```
! Настройка интерфейса inside
(config)# interface Vlan 1
(config-if)# nameif inside
(config-if)# security-level 100
(config-if)# ip address <адрес> <маска>
(config-if)# no shutdown
(config-if)# exit
! Настройка интерфейса outside
(config)# interface Vlan 2
(config-if)# nameif outside
(config-if)# security-level 0
(config-if)# ip address <адрес> <маска>
(config-if)# no shutdown
(config-if)# exit
! Добавление порта к интерфейсу inside
(config)# interface <имя>
(config-if)# switchport access vlan 1
(config-if)# no shutdown
(config-if)# exit
! Добавление порта к интерфейсу outside
(config)# interface <имя>
(config-if)# switchport access vlan 2
(config-if)# no shutdown
(config-if)# exit
! Включение NAT (PAT)
! Имена интерфейсов должны записываться в круглых скобках
!
! Создание пула адресов, состоящего из одного адреса
! Указываем, что адрес надо брать с интерфейса
(config)# global (outside) <номер_NAT> interface
! Создание правила NAT
(config)# nat (inside) <номер_NAT> 0.0.0.0 0.0.0.0
! Добавление маршрута по умолчанию к провадеру
(config)# route outside 0.0.0.0 0.0.0.0 <IP-адрес_шлюза> <метрика>
```

6. Настройка туннеля IPSec ASA 5500 Series

```
! Настройка ISAKMP (фаза 1)
! Выбор шифра
(config)# crypto isakmp policy <приоритет> encryption (aes | aes-192 | aes-256 | des | 3des)
! Выбор хеша
(config)# crypto isakmp policy <приоритет> hash (md5 | sha)
! Выбор метода аутентификации с общим ключом
(config)# crypto isakmp policy <приоритет> authentication pre-share
! Выбор группы Диффи-Хеллмана
(config)# crypto isakmp policy <приоритет> group (1 | 2 | 5)
! Задание времени жизни объединения безопасности
! (в секундах от 120 до 2147483647)
(config)# crypto isakmp policy <приоритет> lifetime <время>
! Включение ISAKMP на интерфейсе outside
(config)# crypto isakmp enable outside
! Выбор метода идентификации сторон
! address – по IP-адресу
! hostname – по FQDN
! key-id – по общему ключу
! auto – (для аутентификации с общим ключом) по IP-адресу
(config)# crypto isakmp identity (address | hostname | key-id <ключ> | auto)
!
! Настройка IPSec (фаза 2)
! Создание расширенного списка доступа для определения шифруемого трафика
(config)# access-list <номер_ACL> permit ip <адрес_отправителя> <маска_адреса_отправителя> <адрес_получателя> <маска_адреса_получателя>
! Создание набора алгоритмов для туннеля
(config)# crypto ipsec transform-set <имя> <алгоритм> [<алгоритм> …]
! Создание криптосвязи
! Задание ACL для выбора шифруемого трафика
(config)# crypto map <имя> <индекс> match address <номер_ACL>
! Задание адреса соседа по туннелю
(config)# crypto map <имя> <индекс> set peer <IP-адрес_соседа>
! Задание набора алгоритмов
(config)# crypto map <имя> <индекс> set transform-set <имя>
! Задание времени жизни объединения безопасности
(config)# crypto map <имя> <индекс> set security-association lifetime (seconds <время_в_секундах> | kilobytes <объём_трафика_в_килобайтах>)
! Назначение криптосвязи на интерфейс
(config)# crypto map <имя_криптосвязи> interface <имя_интерфейса>
```