

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

Г.Ф. Масич

СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

*Утверждено
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия*

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2014

УДК 004.7
М31

Рецензенты:

канд. техн. наук *И.А. Хохлов*
(Институт математики и механики УрО РАН,
г. Екатеринбург);
д-р экон. наук, профессор *Р.А. Файзрахманов*
(Пермский национальный исследовательский
политехнический университет)

Масич, Г.Ф.

М31 Сети передачи данных : учеб.-метод. пособие / Г.Ф. Масич. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 192 с.

ISBN 978-5-398-01194-4

Приведены теоретические сведения об Ethernet- и IP-технологиях: принципах построения виртуальных локальных сетей (VLAN), протоколе построения связующего дерева (STP), классовой и бесклассовой моделях IP-адресации, протоколах маршрутизации RIP и BGP-4. Значительный объем практических занятий посвящен конфигурированию оборудования Cisco для создания требуемых свойств сети передачи данных.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника», аспирантов, специалистов информационных технологий.

УДК 004.7

ISBN 978-5-398-01194-4

© ПНИПУ, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| 1. Протокол STP | 5 |
| 1.1. Краткие теоретические сведения | 5 |
| 1.1.1. Ключевые параметры (сущности) STP | 7 |
| 1.1.2. Состояние портов моста и таймеры STP | 10 |
| 1.1.3. Три этапа начальной сходимости STP | 11 |
| 1.1.4. Формат BPDU-кадра | 13 |
| 1.1.5. Алгоритм обработки конфигурационных BPDU-сообщений | 16 |
| 1.1.6. Пример работы STP | 17 |
| 1.1.7. Развитие протокола STP | 21 |
| 1.1.8. Настройка STP на коммутаторах Cisco | 26 |
| 1.2. Лабораторная работа «Протокол STP» | 28 |
| 1.2.1. STP-дерево «по умолчанию» | 28 |
| 1.2.2. Изменение места положения корня | 39 |
| 1.2.3. Фильтрация BPDU | 42 |
| 1.2.4. Изменение места корневого порта | 43 |
| 1.2.5. Изменение роли портов | 44 |
| 1.2.6. Корректное восстановление исходной конфигурации | 48 |
| Задания для самостоятельной работы | 48 |
| Вопросы для самопроверки | 49 |
| Список литературы по главе 1 | 50 |
| 2. VLAN, 802.1Q, EtherChannel L2, VTP | 51 |
| 2.1. Краткие теоретические сведения | 51 |
| 2.1.1. VLAN-сети | 51 |
| 2.1.2. Транки | 52 |
| 2.1.3. Агрегация портов EtherChannel | 53 |
| 2.1.4. Протокол VTP | 55 |
| 2.1.5. Настройки на оборудовании Cisco | 60 |
| 2.2. Лабораторная работа «VLAN, 802.1Q, EtherChannel L2, VTP» | 65 |
| Задания для самостоятельной работы | 86 |
| Вопросы для самопроверки | 86 |
| Список литературы по главе 2 | 87 |
| 3. Протокол IP | 88 |
| 3.1. Краткие теоретические сведения | 88 |
| 3.1.1. IP-адрес | 88 |
| 3.1.2. Основные понятия IP-маршрутизации | 91 |

| | |
|---|-----|
| 3.1.3. Две модели адресации и маршрутизации | 94 |
| 3.1.3.1. Классовая модель адресации (Classful Model) | 94 |
| 3.1.3.2. Классовая модель маршрутизации | 97 |
| 3.1.3.3. Бесклассовая модель IP-адресации | 99 |
| 3.1.3.4. Бесклассовая междоменная маршрутизация (CIDR) | 100 |
| 3.2. Лабораторная работа «Распределение IP-адресов» | 102 |
| Задания для самостоятельной работы | 107 |
| 3.3. Лабораторная работа «Движение пакетов в IP-сетях» | 107 |
| Задания для самостоятельной работы | 114 |
| Вопросы для самопроверки | 114 |
| Список литературы по главе 3 | 115 |
| 4. Протоколы маршрутизации RIP и BGP-4 | 116 |
| 4.1. Краткие теоретические сведения | 116 |
| 4.1.1. Статическая маршрутизация | 116 |
| 4.1.2. Протокол маршрутизации RIP | 117 |
| 4.1.3. Протокол маршрутизации BGP-4 | 122 |
| 4.1.4. Настройка оборудования Cisco | 133 |
| 4.1.4.1. Настройка статического маршрута на роутерах Cisco | 133 |
| 4.1.4.2. Настройка протокола маршрутизации RIP | 134 |
| 4.1.4.3. Настройка протокола маршрутизации BGP-4 | 137 |
| 4.2. Лабораторная работа «Протоколы маршрутизации RIP и BGP-4» | 140 |
| 4.2.1. Статическая маршрутизация | 145 |
| 4.2.2. RIP-маршрутизация | 149 |
| 4.2.3. BGP-маршрутизация | 163 |
| Задания для самостоятельной работы | 190 |
| Вопросы для самопроверки | 191 |
| Список литературы по главе 4 | 191 |

2. VLAN, 802.1Q, ETHERCHANNEL L2, VTP

2.1. Краткие теоретические сведения

2.1.1. VLAN-сети

Одной из важных функций, реализуемых в технологии Ethernet, являются виртуальные локальные сети (VLAN), в которых для объединения серверов и рабочих станций в логические группы используются коммутаторы. Связь устройств, принадлежащих к одной VLAN-сети, возможна только с устройствами этой же сети. VLAN-сети создаются на коммутаторах на L2-уровне для разбиения сети на широковещательные домены, масштабирования сети и усиления безопасности сети. Кадры данных передаются в пределах одной VLAN-сети без изменений в своей структуре.

Каждая сеть VLAN создается в локальной базе данных используемого коммутатора. Если в коммутаторе отсутствуют сведения о какой-либо VLAN-сети, то он не может передавать трафик для этой сети VLAN через свои порты. При создании VLAN-сети ей присваивается номер. Существует диапазон для использования VLAN-номеров: от 1 до 4094. При создании VLAN-сети можно также назначить ей определенные атрибуты, такие как имя, тип и операционное состояние.

Виды VLAN-сетей:

- а) базирующиеся на портах – статические VLAN-сети;
- б) базирующиеся на основе MAC-адресов – динамические VLAN-сети.

Последовательность настройки VLAN на коммутаторе:

- а) создать VLAN-сеть, задать имя и MTU;
- б) привязать отобранные порты коммутатора к созданной VLAN-сети (статический способ) либо привязать MAC-адрес хоста к созданной VLAN-сети (динамический способ).

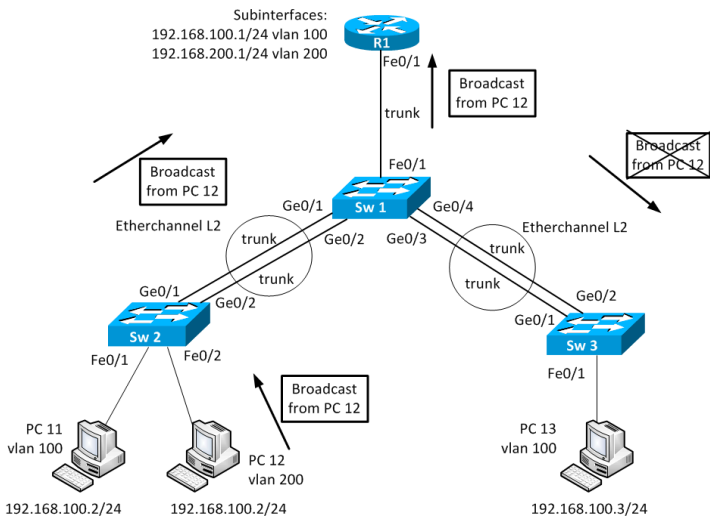


Рис. 2.8. Включение опции VTP Pruning

2.1.5. Настройки на оборудовании Cisco

Начальное состояние командной строки «привилегированный режим» EXEC Cisco IOS. Курсивом показаны переменные. Вертикальной чертой отделены различные варианты команд. Чтобы отменить команду, необходимо ввести ее повторно, но с *no* в начале.

Настройка VLAN на коммутаторах Cisco

Создание VLAN-сети:

– Вход в глобальный режим конфигурации

`configure terminal`

– Создание VLAN-сети и вход в режим конфигурации VLAN-сети

`vlan «vlan-id»`

– Настройка параметров VLAN-сети в режиме конфигурации VLAN-сети

`[name vlan-nam] [state {suspend | active}] [mtu mtu-size]`

Здесь name – описательное имя VLAN-сети длиной до 32 символов. Если имя не задано, принимается стандартное имя VLAN00XXX, где XXX – номер VLAN-сети;

– mtu – максимально возможная единица передачи данных (размер пакета в байтах), которая может использоваться в данной VLAN-сети. Стандартные значения находятся в диапазоне от 576 до 18 190. MTU-размер может быть увеличен до 1500 для Ethernet-сети и превышает это значение для сетей Token Ring и FDDI. Стандартное значение – 1500;

– state – используется для определения состояния VLAN-сети активное (Active) или приостановленное (Suspend). В последнем случае работа всех портов приостановлена и передача ими трафика не разрешена. Стандартное значение – Active.

Назначение сетям VLAN портов:

– вход в глобальный режим конфигурации

configure terminal

– вход в режим конфигурирования интерфейса порта. Указать физический интерфейс, который надо сконфигурировать для VLAN

interface «interface-id»

– сконфигурировать интерфейс порта в режим статического доступа

switchport mode access

– сопоставить порт с VLAN. Правильные идентификаторы VLAN от 1 до 4094; не начинайте ввод идентификатора с нуля

switchport access vlan «vlan-id»

– посмотреть настройки VLAN-режима на интерфейсе:

show running-config interface «interface-id»

– посмотреть настройки VLAN на коммутаторе:

show vlan

Настройка транков на коммутаторах Cisco

Создание транка на порту:

– вход в глобальный режим конфигурации

configure terminal

– вход в режим конфигурирования интерфейса порта

```
interface «interface-id»
```

– формируем транк на порту

```
switchport mode {dynamic {auto | desirable} | trunk}
```

Здесь `dynamic auto` установит интерфейс в состояние транка, если на соседнем интерфейсе установлен режим Trunk или Desirable. Включено по умолчанию;

- `dynamic desirable` установит интерфейс в состояние транка, если на соседнем интерфейсе установлен режим Trunk, Desirable или Auto;

- `trunk` установит интерфейс в перманентное состояние транка, даже если соседний интерфейс не транковый.

– меняем Native VLAN на VLAN, кроме 1

```
switchport trunk native vlan vlan id
```

– разрешаем или запрещаем трафику определенного VLAN идти по транку

```
switchport trunk allowed vlan {add | all | except | remove} vlan-list
```

– просмотр параметров настроенных транков

```
show interfaces trunk
```

Настройка EtherChannel на коммутаторах Cisco

Присоединение интерфейса в логический интерфейс EtherChannel L2 (при L2 EtherChannel логический интерфейс (Port-Channel) создается автоматически):

– вход в глобальный режим конфигурации

```
configure terminal
```

– вход в режим конфигурирования интерфейса порта

```
interface «interface-id»
```

– присоединение интерфейса к EtherChannel

```
channel-group channel-group-number mode {auto [non-silent] | desirable [non-silent] | on} | {active | passive}
```

Здесь `channel-group-number` – номер от 1 до 6;

- для `mode` выберите один из ключей:

- `auto` – позволяет PAgP только тогда, когда устройство PAgP обнаружено. Помещает порт в состояние Passive

Negotiating, в котором порт отвечает на RAgP-пакеты, которые он получает, но сам не инициирует переговоры RAgP, т.е. не отправляет пакеты RAgP;

- *desirable* – безусловно позволяет RAgP. Помещает порт в состояние Active Negotiating State, в котором порт начинает переговоры с портом на другой стороне путем отправки RAgP-пакетов;

- *on* – permanently помещает порт в Port-Channel без переговоров RAgP или LACP. Данный режим работает, когда порты на обеих сторонах сконфигурированы в этом режиме;

- *non-silent (Optional)* – если ваш коммутатор подключен к партнеру, который RAgP-совместим, то сконфигурировать порт коммутатора для Non-Silent Operation, когда порт в режиме Auto или Desirable. Если вы не укажете Non-Silent, то Silent предполагается. Опция Silent для подсоединения к File Servers или Packet Analyzers. Эта опция позволяет RAgP работать, присоединять порт к Channel Group и использовать порт для передачи;

- *active* – позволяет LACP, только если устройство LACP обнаружено. Помещает порт в состояние Active Negotiating State, в котором порт начинает переговоры с портом на другой стороне путем отправки LACP-пакетов;

- *passive* – позволяет LACP на порту. Помещает порт в состояние Passive Negotiating State, в котором порт отвечает на запросы входящих LACP-пакетов, но сам не инициирует переговоры LACP, т.е. не отправляет пакеты LACP.

Настройка транковых параметров интерфейса Port-channel:

```
interface portchannel «interface-id»
```

Настройка балансировки нагрузки на логическом интерфейсе EtherChannel:

- вход в глобальный режим конфигурации

```
configure terminal
```

- выбор критерия балансировки нагрузки

```
port-channel load-balance {dst-ip | dst-mac | src-dst-ip | src-dst-mac | src-ip | src-mac}
```

– просмотр краткой информации о параметрах интерфейсов EtherChannel, настроенных на коммутаторе:

```
show etherchannel summary
```

– просмотр подробной информации о параметрах интерфейсов EtherChannel, настроенных на коммутаторе:

```
show interfaces etherchannel или show etherchannel detail
```

– просмотр метода балансировки нагрузки:

```
show etherchannel load-balance
```

Настройка VTP на коммутаторах Cisco

Настройка VTP:

– вход в глобальный режим конфигурации

```
configure terminal
```

– настройка режима работы VTP на коммутаторе

```
VTP mode [server | client | transparent]
```

– настройка домена VTP

```
VTP domain «domain_name»
```

– настройка пароля VTP

```
VTP password «password»
```

– настройка версии VTP

```
VTP version «version»
```

– просмотр параметров работы VTP на коммутаторе:

```
show VTP status
```

```
show VTP password
```

Настройка Subinterfaces на маршрутизаторах Cisco

Создание сабинтерфейса в определенном VLAN, на порту маршрутизатора, подключенном к порту коммутатора, настроенному в режиме транка:

– вход в глобальный режим конфигурации

```
configure terminal
```

– вход в режим конфигурирования интерфейса порта

```
interface «interface-id»
```

– вход в глобальный режим конфигурации

```
configure terminal
```

- вход в режим конфигурирования сабинтерфейса `interface <interface-id. subinterface-id>` (рекомендуется, чтобы Subinterface-ID = VLAN-ID)
- настройка инкапсуляции 802.1Q для поддержки нужной VLAN `encapsulation dot1q <vlan-id>`
- настройка IP-адреса `ip address address netmask`

После настройки всех сабинтерфейсов необходимо в режиме конфигурации основного интерфейса включить его командой No Shutdown.

- просмотр настройки и состояния интерфейсов на маршрутизаторе

`show ip interface brief`

- просмотр таблицы маршрутизации на маршрутизаторе

`show ip route`

2.2. Лабораторная работа «VLAN, 802.1Q, EtherChannel L2, VTP»

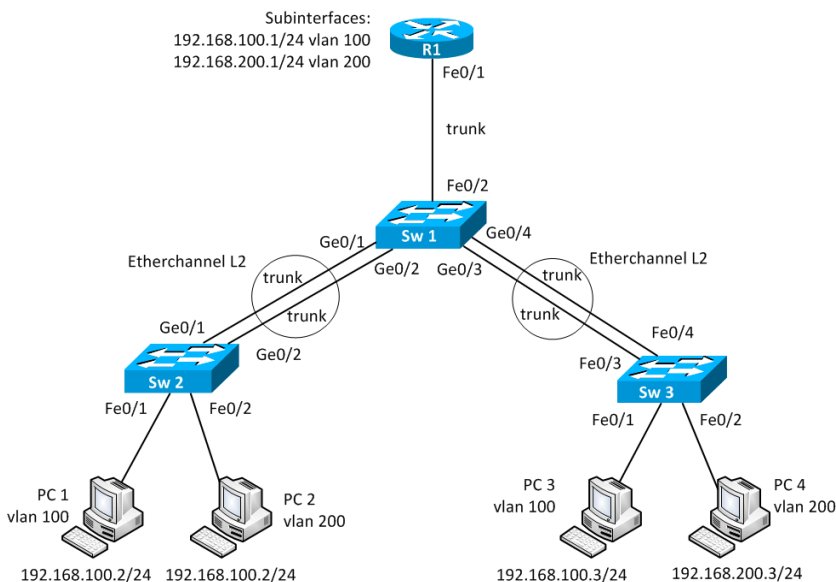


Рис. 2.9. Топология сети

Коммутационное поле

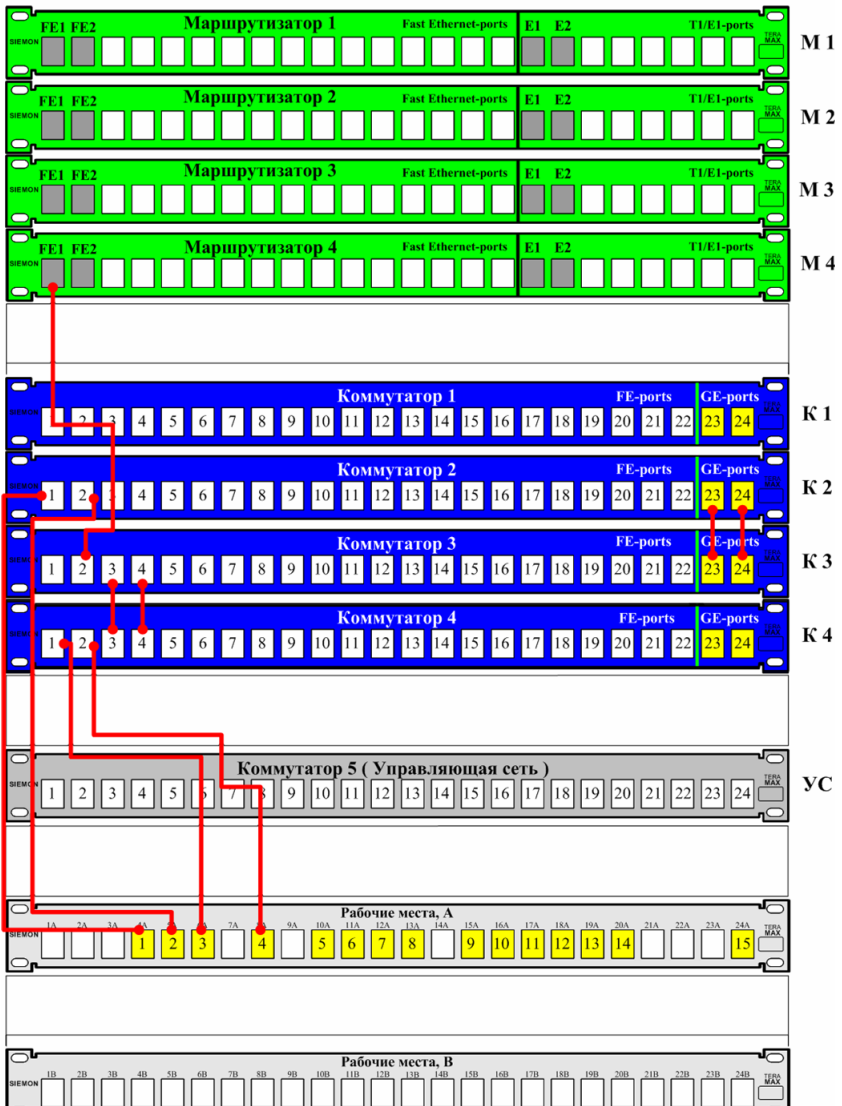


Рис. 2.10. Соединения на патч-панели

Соберите топологию, указанную на рис. 2.9, соединив разъемы на патч-панели патчкордами типа Straight-Touch (рис. 2.10). Проведите начальную конфигурацию коммутаторов и маршрутизатора. Для доступа к коммутаторам используйте терминальный сервер:

- для доступа к sw2.lab запустите telnet 192.168.0.110 2004;
- для доступа к sw3.lab запустите telnet 192.168.0.110 2005;
- для доступа к sw4.lab запустите telnet 192.168.0.110 2006;
- для доступа к r4.lab запустите telnet 192.168.0.110 2010.

* Имя student, пароль student.

Если коммутаторы и маршрутизаторы не настраивались ранее, выполните начальную конфигурацию коммутаторов (имя устройства, логин (student) и пароль доступа (student) на терминальные и консольные линии доступа). **Выполните данную последовательность команд для коммутатора из привилегированного режима EXEC Cisco IOS (меняя имя коммутатора естественно):**

```
conf t
hostname sw1.lab
service password-encryption
username student privilege 15 secret 0 student
no ip domain-lookup
banner motd ^C
```

sw1.lab

PERM, Russia,
Network technology lab. IT department. PSTU

Warning: Authorized access only!!!

Disconnect IMMEDIATELY if you are not an authorized person!!!

Contact information:
web <http://wrls.ru>
email support@wrls.ru
tel +7(342)220-63-85

^C

```
line con 0
login local
line vty 0 4
login local
line vty 5 15
login local
```

**Для маршрутизатора из привилегированного режима EXEC
Cisco IOS (меня имя маршрутизатора естественно):**

```
conf t
hostname r1.lab
service password-encryption
no ip domain-lookup
username student privilege 15 secret 0 student
banner motd ^C
```

r1.lab

PERM, Russia,
Network technology lab. IT department. PSTU

Warning: Authorized access only!!!

Disconnect IMMEDIATELY if you are not an authorized
person!!!

Contact information:
web <http://wrls.ru>
email support@wrls.ru
tel +7(342)220-63-85

^C

```
line con 0
login local
line aux 0
line vty 0 4
login local
line vty 5 15
login local
```

Настройте тип media rj45 на гигабитных комбинированных портах и транки на коммутаторах с Native VLAN 99 согласно топологии:

Sw2:

```
sw2.lab#configure terminal
sw2.lab(config)#interface GigabitEthernet0/1
sw2.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
sw2.lab(config-if)#switchport mode trunk
sw2.lab(config-if)#media-type rj45
sw2.lab(config-if)#interface GigabitEthernet0/2
sw2.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
sw2.lab(config-if)#switchport mode trunk
sw2.lab(config-if)#media-type rj45
```

Sw3:

```
sw3.lab#configure terminal
sw3.lab(config)#interface FastEthernet0/3
sw3.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
sw3.lab(config-if)#switchport mode trunk
sw3.lab(config-if)#interface FastEthernet0/4
sw3.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
sw3.lab(config-if)#switchport mode trunk
sw3.lab(config)#interface GigabitEthernet0/1
sw3.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
sw3.lab(config-if)#switchport mode trunk
sw3.lab(config-if)#media-type rj45
sw3.lab(config-if)#interface GigabitEthernet0/2
sw3.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
sw3.lab(config-if)#switchport mode trunk
sw3.lab(config-if)#media-type rj45
```

Sw4:

```
sw4.lab#configure terminal
sw4.lab(config)#interface FastEthernet0/3
sw4.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
sw4.lab(config-if)#switchport mode trunk
sw4.lab(config-if)#interface FastEthernet0/4
sw4.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
sw4.lab(config-if)#switchport mode trunk
```

Объедините созданные транки в EtherChannel:

Sw2:

```
sw2.lab#configure terminal
sw2.lab(config)#interface GigabitEthernet0/1
sw2.lab(config-if)#channel-group 1 mode on
sw2.lab(config-if)#interface GigabitEthernet0/2
sw2.lab(config-if)#channel-group 1 mode on
```

Sw3:

```
sw3.lab#configure terminal
sw3.lab(config)#interface GigabitEthernet0/1
sw3.lab(config-if)#channel-group 1 mode on
sw3.lab(config-if)#interface GigabitEthernet0/2
sw3.lab(config-if)#channel-group 1 mode on
sw3.lab(config)#interface FastEthernet0/3
sw3.lab(config-if)#channel-group 2 mode on
sw3.lab(config-if)#interface FastEthernet0/4
sw3.lab(config-if)#channel-group 2 mode on
```

Sw4:

```
sw4.lab#configure terminal
sw4.lab(config)#interface FastEthernet0/3
sw4.lab(config-if)#channel-group 1 mode on
sw4.lab(config-if)#interface FastEthernet0/4
sw4.lab(config-if)#channel-group 1 mode on
```

Скорректируйте Native VLAN на созданных интерфейсах EtherChannel:

Sw2:

```
sw2.lab#configure terminal
sw2.lab(config)#interface Port-channel1
sw2.lab(config-if)# switchport trunk native vlan 99
```

Sw3:

```
sw3.lab#configure terminal
sw3.lab(config)#interface Port-channel1
sw3.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
sw3.lab(config-if)#interface Port-channel2
sw3.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
```

Sw4:

```
sw4.lab#configure terminal
```



```
sw4.lab(config)#interface Port-channel1
sw4.lab(config-if)#switchport trunk native vlan 99
```

Настройте метод балансировки нагрузки по MAC-адресу Destination на логических интерфейсах EtherChannel:

```
Sw2:
sw2.lab#configure terminal
sw2.lab(config)#port-channel load-balance dst-mac
```

```
Sw3:
sw3.lab#configure terminal
sw3.lab(config)#port-channel load-balance dst-mac
```

```
Sw4:
sw4.lab#configure terminal
sw4.lab(config)#port-channel load-balance dst-mac
```

Настройте VTP-server на Sw3, VTP-client на Sw2 и Sw4. Версия VTP – 2, домен – itas, пароль – mypass. Добавьте VLAN's 100 и 200 на Sw3:

```
Sw2:
sw2.lab(config)#vtp mode client
sw2.lab(config)#vtp version 2
sw2.lab(config)#vtp domain itas
sw2.lab(config)#vtp password mypass
```

```
Sw3:
sw3.lab(config)#vtp mode server
sw3.lab(config)#vtp version 2
sw3.lab(config)#vtp domain itas
sw3.lab(config)#vtp password mypass
sw3.lab(config)#vlan 100
sw3.lab(config-vlan)#name vl100
sw3.lab(config-vlan)#vlan 200
Switch(config-vlan)#name vl200
```

```
Sw4:
sw4.lab (config)#vtp mode client
sw4.lab (config)#vtp version 2
sw4.lab (config)#vtp domain itas
sw2.lab (config)#vtp password mypass
```

В случае если транки и EtherChannel настроены правильно, вывод команд Show Interfaces Trunk, Show EtherChannel Summary, Show EtherChannel Detail будет следующим:

```
Sw2:
sw2.lab#show interfaces trunk
Port Mode Encapsulation Status Native vlan
Po1 on 802.1q trunking 99
*На интерфейсе Port-Channel 1 настроен транк 802.1q
с Native VLAN 99.
Port Vlans allowed on trunk
Po1 1-4094

Port Vlans allowed and active in management domain
Po1 1-3, 10, 17, 20, 100, 200

Port Vlans in spanning tree forwarding state and
not pruned
Po1 1-3, 10, 17, 20, 100, 200
*Список VLAN, трафику которых разрешено идти по ин-
терфейсу Port-Channell.
sw2.lab#show etherchannel summary
Flags: D - down P - in port-channel
I - stand-alone s - suspended
H - Hot-standby (LACP only)
R - Layer3 S - Layer2
U - in use f - failed to allocate aggregator
u - unsuitable for bundling
w - waiting to be aggregated
d - default port

Number of channel-groups in use: 1
Number of aggregators: 1

Group Port-channel Protocol Ports
-----+-----+-----+-----
1 Po1(SU) - Gi0/1(P) Gi0/2(P)
* Интерфейс Port-Channell - работает на L2, состоит
из портов Gi0/1 и Gi0/2, оба из которых работают.
```

```

sw2.lab#show etherchannel detail
Channel-group listing:
-----

Group: 1
-----
Group state = L2
Ports: 2 Maxports = 8
Port-channels: 1 Max Port-channels = 1
Protocol: -
Ports in the group:
-----
Port: Gi0/1
-----

Port state = Up Mstr In-Bndl
Channel group = 1 Mode = On/FEC Gcchange = -
Port-channel = Po1 GC = - Pseudo port-channel = Po1
Port index = 0 Load = 0x00 Protocol = -
*Режим работы EtherChannel - on.
Age of the port in the current state: 00d:00h:57m:21s

Port: Gi0/2
-----

Port state = Up Mstr In-Bndl
Channel group = 1 Mode = On/FEC Gcchange = -
Port-channel = Po1 GC = - Pseudo port-channel = Po1
Port index = 0 Load = 0x00 Protocol = -

Age of the port in the current state: 00d:00h:57m:34s

Port-channels in the group:
-----

Port-channel: Po1
-----

Age of the Port-channel = 00d:00h:57m:34s
Logical slot/port = 2/1 Number of ports = 2
GC = 0x00000000 HotStandBy port = null

```

Port state = Port-channel Ag-Inuse
Protocol = -

Ports in the Port-channel:

```
Index Load Port EC state No of bits
-----+-----+-----+-----+-----
0 00 Gi0/1 On/FEC 0
0 00 Gi0/2 On/FEC 0
```

Sw3:

sw3.lab#show interfaces trunk

| Port | Mode | Encapsulation | Status | Native | vlan |
|------|------|---------------|----------|--------|------|
| Po1 | on | 802.1q | trunking | 99 | |
| Po2 | on | 802.1q | trunking | 99 | |

Port Vlans allowed on trunk

Po1 1-4094

Po2 1-4094

Port Vlans allowed and active in management domain

Po1 1-3,10,17,20,100,200

Po2 1-3,10,17,20,100,200

Port Vlans in spanning tree forwarding state and
not pruned

Po1 1-3,10,17,20,100,200

Po2 1-3,10,17,20,100,200

sw3.lab#show etherchannel summary

Flags: D - down P - bundled in port-channel

I - stand-alone s - suspended

H - Hot-standby (LACP only)

R - Layer3 S - Layer2

U - in use f - failed to allocate aggregator

M - not in use, minimum links not met

u - unsuitable for bundling

w - waiting to be aggregated

d - default port

```
Number of channel-groups in use: 2
Number of aggregators: 2
```

```
Group Port-channel Protocol Ports
-----+-----+-----
1 Po1(SU) - Gi0/1(P) Gi0/2(P)
2 Po2(SU) -Fa0/3(P) Fa0/4(P)
```

```
sw3.lab#show etherchannel detail
Channel-group listing:
```

```
-----
Group: 1
```

```
-----
Group state = L2
Ports: 2 Maxports = 8
Port-channels: 1 Max Port-channels = 1
Protocol: -
Minimum Links: 0
Ports in the group:
```

```
-----
Port: Gi0/1
```

```
-----
Port state = Up Mstr In-Bndl
Channel group = 1 Mode = On Gcchange = -
Port-channel = Po1 GC = - Pseudo port-channel = Po1
Port index = 0 Load = 0x00 Protocol = -
```

```
Age of the port in the current state: 0d:01h:00m:53s
```

```
Port: Gi0/2
```

```
-----
Port state = Up Mstr In-Bndl
Channel group = 1 Mode = On Gcchange = -
Port-channel = Po1 GC = - Pseudo port-channel = Po1
Port index = 0 Load = 0x00 Protocol = -
```

```
Age of the port in the current state: 0d:01h:01m:00s
```

```
Port-channels in the group:
```

```
-----
```

Port-channel: Po1

Age of the Port-channel = 0d:01h:01m:00s
Logical slot/port = 2/1 Number of ports = 2
GC = 0x00000000 HotStandBy port = null
Port state = Port-channel Ag-Inuse
Protocol = -
Port security = Disabled

Ports in the Port-channel:

| Index | Load | Port | EC state | No of bits |
|-------|------|-------|----------|------------|
| 0 | 00 | Gi0/1 | On | 0 |
| 0 | 00 | Gi0/2 | On | 0 |

Time since last port bundled: 0d:01h:00m:54s Gi0/1

Group: 2

Group state = L2
Ports: 2 Maxports = 8
Port-channels: 1 Max Port-channels = 1
Protocol: -
Minimum Links: 0
Ports in the group:

Port: Fa0/3

Port state = Up Mstr In-Bndl
Channel group = 2 Mode = On Gcchange = -
Port-channel = Po2 GC = - Pseudo port-channel = Po2
Port index = 0 Load = 0x00 Protocol = -

Age of the port in the current state: 0d:00h:55m:25s

Port: Fa0/4

Port state = Up Mstr In-Bndl
Channel group = 2 Mode = On Gcchange = -
Port-channel = Po2 GC = - Pseudo port-channel = Po2

Port index = 0 Load = 0x00 Protocol = -

Age of the port in the current state: 0d:00h:55m:17s

Port-channels in the group:

Port-channel: Po2

Age of the Port-channel = 0d:00h:55m:27s

Logical slot/port = 2/2 Number of ports = 2

GC = 0x00000000 HotStandBy port = null

Port state = Port-channel Ag-Inuse

Protocol = -

Port security = Disabled

Ports in the Port-channel:

| Index | Load | Port | EC state | No of bits |
|-------|------|-------|----------|------------|
| 0 | 00 | Fa0/3 | On | 0 |
| 0 | 00 | Fa0/4 | On | 0 |

Sw4:

sw4.lab#show interfaces trunk

Port Mode Encapsulation Status Native vlan

Po1 on 802.1q trunking 99

Port Vlans allowed on trunk

Po1 1-4094

Port Vlans allowed and active in management domain

Po1 1-3,10,17,20,100,200

Port Vlans in spanning tree forwarding state and not pruned

Po1 1-3,10,17,20,100,200

sw4.lab#show etherchannel summary

Flags: D - down P - bundled in port-channel

I - stand-alone s - suspended

H - Hot-standby (LACP only)

R - Layer3 S - Layer2
U - in use f - failed to allocate aggregator

M - not in use, minimum links not met
u - unsuitable for bundling
w - waiting to be aggregated
d - default port

Number of channel-groups in use: 1

Number of aggregators: 1

| Group | Port-channel | Protocol | Ports |
|-------|--------------|-----------|-----------|
| 1 | Po1 (SU) | Fa0/3 (P) | Fa0/4 (P) |

sw4.lab#show etherchannel detail

Channel-group listing:

Group: 1

Group state = L2

Ports: 2 Maxports = 8

Port-channels: 1 Max Port-channels = 1

Protocol: -

Minimum Links: 0

Ports in the group:

Port: Fa0/3

Port state = Up Mstr In-Bndl

Channel group = 1 Mode = On Gcchange = -

Port-channel = Po1 GC = - Pseudo port-channel = Po1

Port index = 0 Load = 0x00 Protocol = -

Age of the port in the current state: 0d:00h:45m:49s

Port: Fa0/4

Port state = Up Mstr In-Bndl

Channel group = 1 Mode = On Gcchange = -


```
Port-channel = Po1 GC = - Pseudo port-channel = Po1
Port index = 0 Load = 0x00 Protocol = -
```

```
Age of the port in the current state: 0d:01h:00m:11s
```

```
Port-channels in the group:
```

```
-----
Port-channel: Po1
```

```
-----
Age of the Port-channel = 0d:01h:00m:11s
Logical slot/port = 2/1 Number of ports = 2
GC = 0x00000000 HotStandBy port = null
Port state = Port-channel Ag-Inuse
Protocol = -
Port security = Disabled
```

```
Ports in the Port-channel:
```

| Index | Load | Port | EC state | No of bits |
|-------|------|-------|----------|------------|
| 0 | 00 | Fa0/3 | On | 0 |
| 0 | 00 | Fa0/4 | On | 0 |

В случае если VTP настроен правильно, вывод команд Show VTP Status, Show VTP Password будет следующим:

```
Sw2:
sw2.lab#show vtp status
VTP Version : 2
Configuration Revision : 3
Maximum VLANs supported locally : 255
Number of existing VLANs: 12
VTP Operating Mode: Client
VTP Domain Name: itas
VTP Pruning Mode: Disabled
VTP V2 Mode: Enabled
VTP Traps Generation: Disabled
MD5 digest: 0xD9 0x1A 0x61 0x48 0x07 0x0B 0xC5 0x02
Configuration last modified by 0.0.0.0 at 7-7-93
06:25:16
```

*Домен VTP - itas, версия - 2, ревизия конфигурации - 3, режим работы - клиент.

```
sw2.lab#show vtp password
```

```
VTP Password: mypass
```

*Пароль VTP.

Sw3:

```
sw3.lab#show vtp status
```

```
VTP Version: running VTP2
```

```
Configuration Revision: 3
```

```
Maximum VLANs supported locally: 255
```

```
Number of existing VLANs: 12
```

```
VTP Operating Mode: Server
```

```
VTP Domain Name: itas
```

```
VTP Pruning Mode: Disabled
```

```
VTP V2 Mode: Enabled
```

```
VTP Traps Generation: Disabled
```

```
MD5 digest: 0xD9 0x1A 0x61 0x48 0x07 0x0B 0xC5 0x02
```

```
Configuration last modified by 0.0.0.0 at 7-7-93
```

06:25:16

Local updater ID is 0.0.0.0 (no valid interface found)

```
sw3.lab#show vtp password
```

```
VTP Password: mypass
```

Sw4:

```
sw4.lab#show vtp status
```

```
VTP Version: running VTP2
```

```
Configuration Revision: 3
```

```
Maximum VLANs supported locally: 255
```

```
Number of existing VLANs: 12
```

```
VTP Operating Mode: Client
```

```
VTP Domain Name: itas
```

```
VTP Pruning Mode: Disabled
```

```
VTP V2 Mode: Enabled
```

```
VTP Traps Generation: Disabled
```

```
MD5 digest: 0xD9 0x1A 0x61 0x48 0x07 0x0B 0xC5 0x02
```

```
Configuration last modified by 0.0.0.0 at 7-7-93
```

06:25:16

```
sw4.lab#show vtp password
VTP Password: mypass
```

Настройте порты Fa0/1 и Fa0/2 на коммутаторах Sw2 и Sw4 для работы с VLAN:

```
Sw2:
sw2.lab#configure terminal
sw2.lab(config)#interface FastEthernet0/1
sw2.lab(config-if)#switchport access vlan 100
sw2.lab(config-if)#switchport mode access
sw2.lab(config-if)#interface FastEthernet0/2
sw2.lab(config-if)#switchport access vlan 200
sw2.lab(config-if)#switchport mode access
```

```
Sw4:
sw4.lab#configure terminal
sw4.lab(config)#interface FastEthernet0/1
sw4.lab(config-if)#switchport access vlan 100
sw4.lab(config-if)#switchport mode access
sw4.lab(config-if)#interface FastEthernet0/2
sw4.lab(config-if)#switchport access vlan 200
sw4.lab(config-if)#switchport mode access
```

В случае если порты Fa0/1 и Fa0/2 на коммутаторах Sw2 и Sw4 настроены правильно, вывод команды Show VLAN будет следующим:

```
Sw2:
sw2.lab#show vlan
  VLAN    Name        Status        Ports
  ---    -
  1       default    active        Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6
                                Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10
                                Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14
                                Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18
                                Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22
                                Fa0/23, Fa0/24
  2       VLAN_1     active
  3       VLAN_2     active
  10      vlan10    active
  17      test17    active
  20      test20    active
```

```

100    vl100    active Fa0/1
200    vl200    active Fa0/2

```

```

*Порт Fa0/1 помещен в VLAN vl100, порт Fa0/2 в vl200.
1002 fddi-default act/unsup
1003 trcrf-default act/unsup
1004 fddinet-default act/unsup
1005 trbrf-default act/unsup

```

```

VLAN Type SAID MTU Parent RingNo BridgeNo Stp
BrdgMode Trans1 Trans2
-----

```

```

VLAN Type SAID MTU Pa- RingNo BridgeNo Stp BrdgMode Trans1 Trans2
rent
1 enet 1 1500 - - - - - 0 0
2 enet 100002 1500 - - - - - 0 0
3 enet 100003 1500 - - - - - 0 0
10 enet 100010 1500 - - - - - 0 0
17 enet 100017 1500 - - - - - 0 0
20 enet 100020 1500 - - - - - 0 0
100 enet 100100 1500 - - - - - 0 0
200 enet 100200 1500 - - - - - 0 0
1002 fddi 101002 1500 - - - - - 0 0
1003 trcrf 101003 4472 1005 3276 - - srb 0 0
1004 fdnet 101004 1500 - - - ieee - 0 0
1005 trbrf 101005 4472 - - 15 ibm - 0 0

```

```

VLAN AREHops STEHops Backup CRF
1003 7 7 off

```

```

Remote SPAN VLANs
-----

```

```

Primary Secondary Type Ports
-----

```

```

Sw4:
sw4.lab#show vlan

```

```

VLAN Name Status Ports
1 default active Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16

```

Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
 Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
 Gi0/1, Gi0/2

```

2    VLAN_1  active
3    VLAN_2  active
10   vlan10   active
17   test17  active
20   test20  active
100  vl100    active Fa0/1
200  vl200    active Fa0/2
1002 fddi     default act/unsup
1003 trcrf    default act/unsup
1004 fddinet  default act/unsup
1005 trbrf    default act/unsup

```

```

VLAN Type SAID MTU Parent RingNo BridgeNo Stp
BrdgMode Trans1 Trans2
-----

```

```

VLAN Type SAID MTU Pa- RingNo BridgeNo Stp BrdgMode Trans1 Trans2
      rent
1  enet  1  1500 - - - - - 0 0
2  enet 100002 1500 - - - - - 0 0
3  enet 100003 1500 - - - - - 0 0
10 enet 100010 1500 - - - - - 0 0
17 enet 100017 1500 - - - - - 0 0
20 enet 100020 1500 - - - - - 0 0
100 enet 100100 1500 - - - - - 0 0
200 enet 100200 1500 - - - - - 0 0
1002 fddi 101002 1500 - - - - - 0 0
1003 trcrf 101003 4472 1005 3276 - - srb 0 0
1004 fdnet 101004 1500 - - - - ieee - 0 0
1005 trbrf 101005 4472 - - - 15 - ibm - 0 0

```

```

VLAN AREHops STEHops Backup CRF
1003 7 7 off

```

Remote SPAN VLANs

Primary Secondary Type Ports

Протестируйте работу VLAN-сетей

Компьютер PC1 с адресом 192.168.100.2:

– послать эхо-запросы ping к узлу PC3 с адресом 192.168.100.3 – работает (пинги пойдут не сразу, так как нужно время, чтобы заполнить таблицы MAC-адресов на всех коммутаторах);

– послать эхо-запросы ping к узлам PC4 и PC5 с адресами 192.168.200.2 и 192.168.200.3 – не работает.

Маршрутизация между VLAN. Существует два подхода к маршрутизации пакетов между VLAN. Первый – выделить на коммутаторе и роутере отдельный порт под каждую VLAN, но данный подход очень расточителен. Второй – создать между коммутатором и маршрутизатором транк, и на маршрутизаторе сделать виртуальные интерфейсы.

Настроим на коммутаторе Sw3 порт Fa0/2 в режим транка:

```
sw3.lab#configure terminal
sw3.lab#interface fastethernet0/2
sw3.lab#switchport mode trunk
```

Настроим на маршрутизаторе сабинтерфейсы на порту Fa0/1 согласно топологии:

```
r4.lab#configure terminal
r4.lab(config)#interface fa0/1.100
r4.lab(config-subif)#encapsulation dot1Q 100
r4.lab(config-subif)#ip address 192.168.100.1
255.255.255.0
r4.lab(config-subif)#interface fa0/1.200
r4.lab(config-subif)#encapsulation dot1Q 200
r4.lab(config-subif)#ip address 192.168.200.1
255.255.255.0
r4.lab(config-subif)#interface fa0/1
r4.lab(config-subif)#no shutdown
```

Не забудьте прописать шлюзы по умолчанию на всех PC!

В случае если порты на маршрутизаторе настроены правильно, вывод команд Show IP Int Brief и Show IP Route будет следующим:

```
r4.lab#show ip int brief
```

| Interface | IP-Address | OK? | Method | Status | Protocol |
|---------------------|---------------|-----|----------------------------|--------|----------|
| FastEthernet0/0 | unassigned | YES | NVRAM | down | down |
| FastEthernet0/1 | unassigned | YES | unset | down | down |
| FastEthernet0/1.100 | 192.168.100.1 | YES | manual | up | up |
| FastEthernet0/1.200 | 192.168.200.1 | YES | manual | up | up |
| Serial0/1/0 | unassigned | YES | manual | down | down |
| Serial0/1/1 | unassigned | YES | unset | down | down |
| | | | admini- stra- tively | | |
| Serial0/1/2 | unassigned | YES | unset | down | down |
| | | | admini- stra- tively | | |
| Serial0/1/3 | unassigned | YES | unset | down | down |
| | | | admini- stra- tively | | |

```
r4.lab#show ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

```
C    192.168.200.0/24 is directly connected,  
FastEthernet0/1.200  
C    192.168.100.0/24 is directly connected,  
FastEthernet0/1.100
```

Протестируйте работу маршрутизации между VLAN-сетями

Компьютер PC1 с адресом 192.168.100.2:

– послать эхо-запросы ping к узлу PC3 с адресом 192.168.100.3 – работает;

– послать эхо-запросы ping к узлам PC4 и PC5 с адресами 192.168.200.2 и 192.168.200.3 – работает (пинги пойдут не сразу, так как нужно время, чтобы заполнить таблицы MAC-адресов на всех коммутаторах и ARP-таблицу на маршрутизаторе).

Задания для самостоятельной работы

1. Скорректируйте настройки оборудования так, чтобы PC1 и PC3 были в VLAN 300. Проверьте работу VLAN и маршрутизации между VLAN.

2. Соберите топологию и настройте оборудование так, чтобы EtherChannel между Sw2 и Sw3 состоял не из Ge0/1 и Ge0/2, а из Fa0/6 и Fa0/7.

3. Запустите команду Show Spanning-Tree VLAN 100 Detail на Sw3. Как STP видит EtherChannel?

Вопросы для самопроверки

1. Что такое VLAN?
2. Зачем нужен VLAN?
3. Что такое транк?
4. Зачем нужен тег?
5. Какой размер имеет тег и какие поля он включает?
6. Что такое агрегирование каналов?
7. Что дает агрегирование каналов?
8. Каким образом можно объединить несколько VLAN?
9. Назовите основные способы образования VLAN?
10. Зачем нужен протокол VTP?
11. Назовите режимы коммутаторов в VTP.
12. Из каких полей состоит кадр VTP?
13. Как передаются VTP-кадры?

Список литературы по главе 2

1. Программа сетевой академии Cisco CCNA 1 и 2. Вспомогательное руководство: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2008. – 1168 с.

2. Принципы коммутации в локальных сетях Cisco: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 976 с.

3. Принципы маршрутизации в Internet: пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 448 с.

4. Configuring EtherChannels [Электронный ресурс] / Cisco. – США, 2011. – URL: http://www.cisco.com/en/US/docs/switches/lan/catalyst3550/software/release/12.1_13_ea1/configuration/guide/swethchl.html.

Cisco IOS 12.2 (44) SE Command Reference [Электронный ресурс] / Cisco. – США, 2011. – URL: http://www.cisco.com/en/US/docs/switches/lan/catalyst2960/software/release/12.2_44_se/command/reference/cli3.html.

Учебное издание

МАСИЧ Григорий Федорович

СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Учебное пособие

Редактор и корректор *В.В. Мальцева*

Подписано в печать 5.03.2014. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 12,0. Тираж 100 экз. Заказ № 32/2014.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.