

# Реализация виртуальных локальных сетей

Глава 9

# В рамках этой темы...

## **Работа сетей передачи данных IP**

Передача данных между двумя хостами по сети.

## **Технологии коммутации сетей LAN**

Базовые концепции коммутации и работа коммутаторов Cisco.

Широковещательные домены.

Таблица CAM.

Создание логических сегментов сети VLAN и необходимость маршрутизации между ними.

Принцип сегментации сети и базовые концепции управления трафиком.

Настройка и проверка сети VLAN.

Настройка и проверка магистрального соединения на коммутаторах Cisco.

Протокол DTP.

## **Поиск и устранение неисправностей**

Поиск неисправностей и решение проблем сетей VLAN.

Идентификация настроенных сетей VLAN.

Исправление принадлежности порта.

Настройка IP-адреса

Поиск неисправностей и решение проблем магистрального соединения на коммутаторах Cisco.

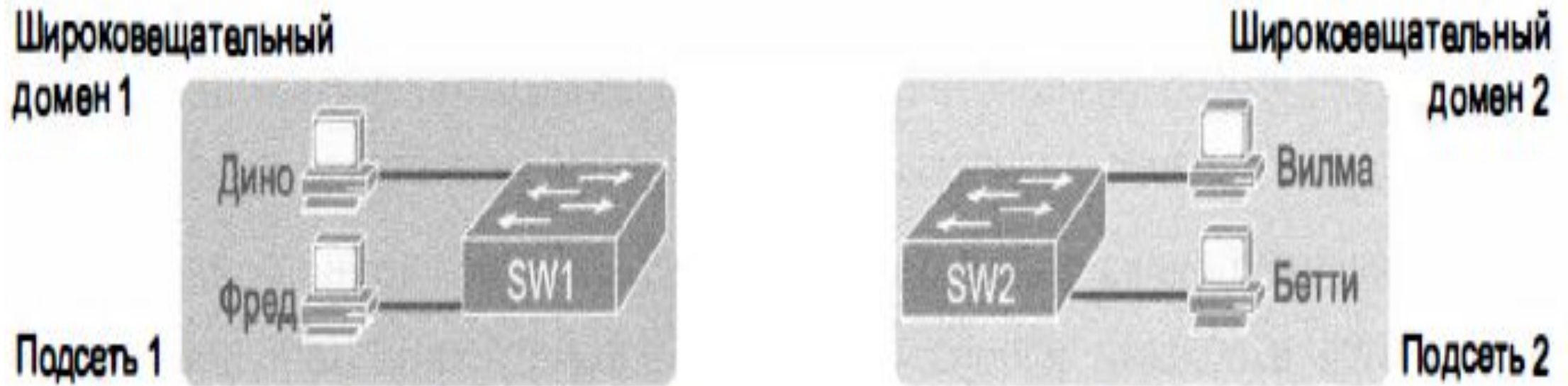
Исправление состояния магистрального канала.

Исправление конфигурации инкапсуляции.

Исправление разрешенных VLAN.

# Концепция VLAN

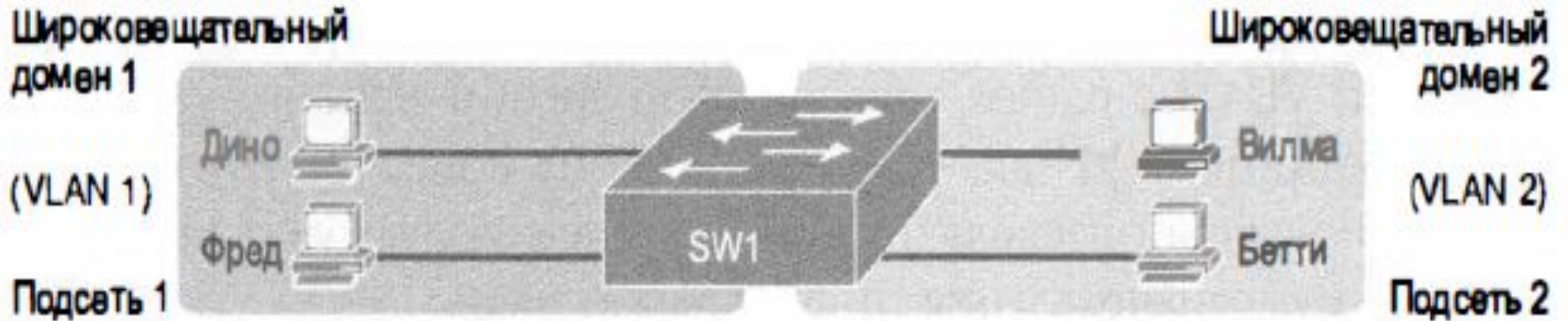
- Локальная сеть (LAN) объединяет все устройства в том же широковещательном домене.



*Рис. 9.1. Создание двух широковещательных доменов с двумя физическими коммутаторами и без сетей VLAN*

# Концепция VLAN

- **Коммутатор VLAN** может настроить часть интерфейсов на один широковещательный домен, а часть на другой, создав в результате два широковещательных домена (2 виртуальные локальные сети (virtual LAN - VLAN)).



*Рис. 9.2. Создание двух широковещательных доменов с использованием одного коммутатора и сети VLAN*

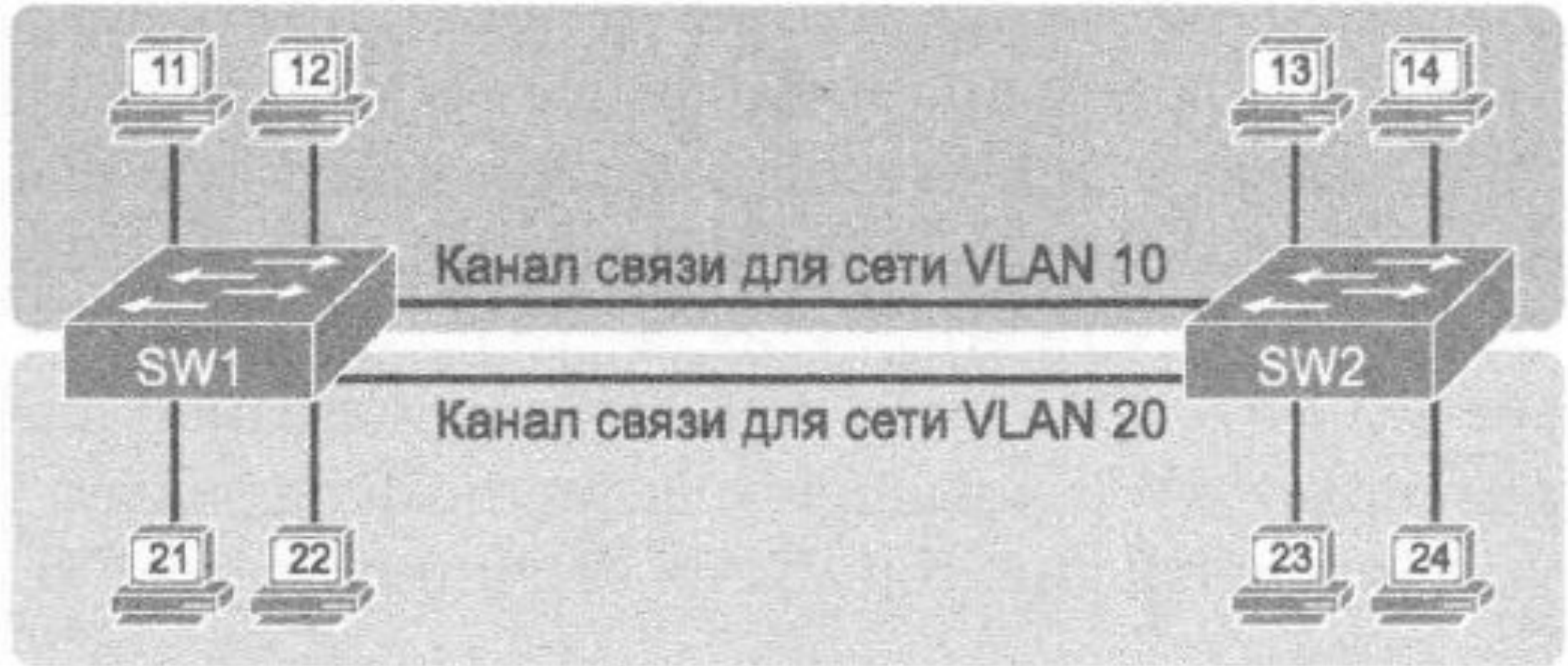
# Причины применения VLAN

1. **Сокращение дополнительных затрат процессоров** всех устройств за счет сокращения количества устройств, получающих каждый широковещательный фрейм.
2. **Улучшение защиты** за счет сокращения количества хостов, получающих копии фреймов при их лавинной рассылке коммутатором (широковещание, групповая передача и одноадресатные фреймы с неизвестным получателем).
3. **Улучшение защиты хостов**, пересылающих важные данные, за счет их помещения в отдельную сеть VLAN.
4. **Возможность более гибкого объединения** пользователей в группы (например, по отделам) вместо физического разделения по местоположению.
5. **Упрощение поиска проблемы** в сети, поскольку большинство проблем локализуется в области набора устройств, формирующих широковещательный домен.
6. **Сокращение дополнительных затрат** на работу протокола распределенного связующего дерева (STP) за счет ограничения VLAN одним коммутатором доступа.

# Магистральное соединение VLAN

- Когда сети VLAN используются в сетях с несколькими соединенными между собой коммутаторами, на каналах связи между ними применяется магистральное соединение **VLAN (VLAN trunking)**.
- Магистральное соединение VLAN подразумевает использование коммутаторами процесса **назначения тегов VLAN (VLAN tagging)**:
  - ✓ передающий коммутатор добавляет к фрейму дополнительный заголовок перед его передачей по магистральному каналу, включающий **поле идентификатора VLAN (VLAN ID)**, позволяющего передающему и получающему коммутаторам ассоциировать фрейм с конкретной сетью VLAN.

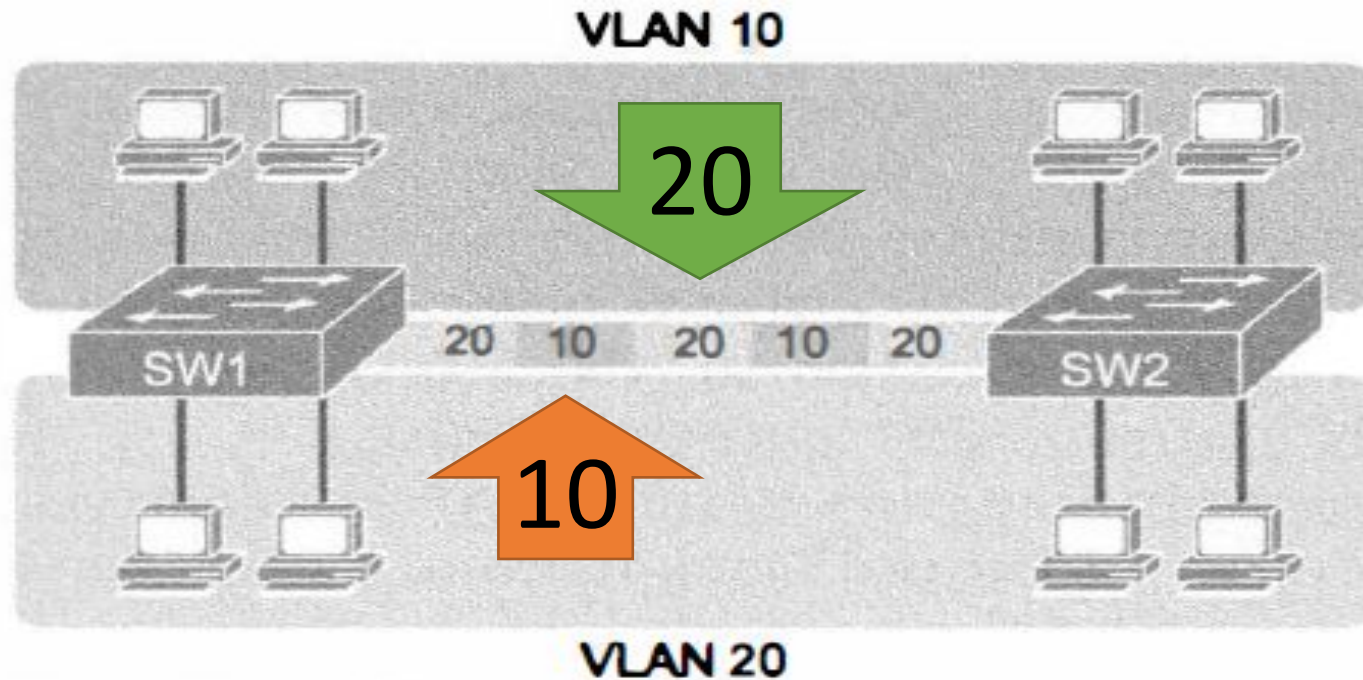
# VLAN без магистрального соединения



*Рис. 9.3. Сети VLAN при наличии нескольких коммутаторов, но без магистрального соединения*

# Концепция тегов

- **Магистральное соединение VLAN** создает между коммутаторами один канал связи, способный поддерживать столько сетей VLAN, сколько необходимо.



*Рис. 9.4. Сети VLAN с несколькими коммутаторами и магистральным соединением*



# Пересылка фреймов

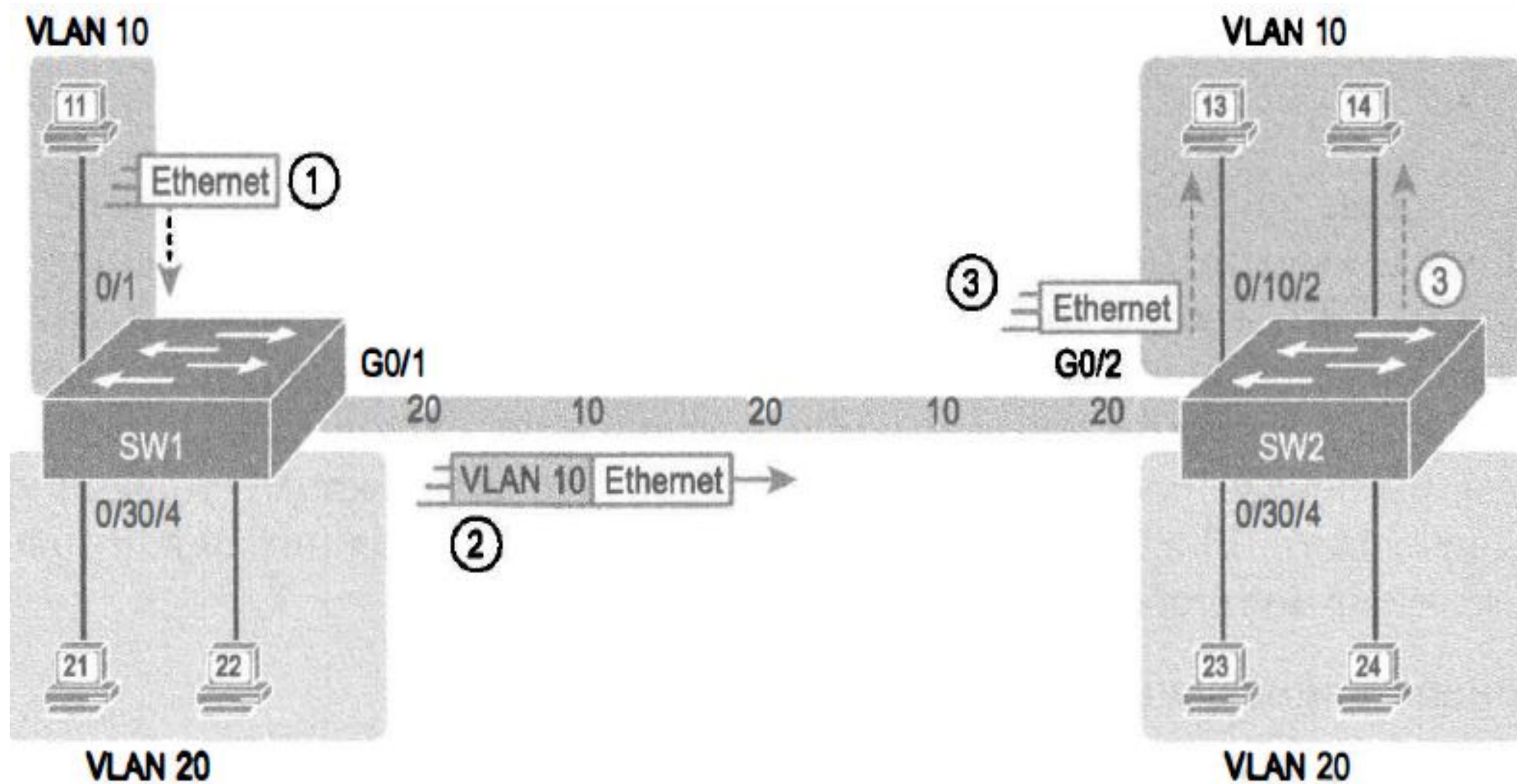
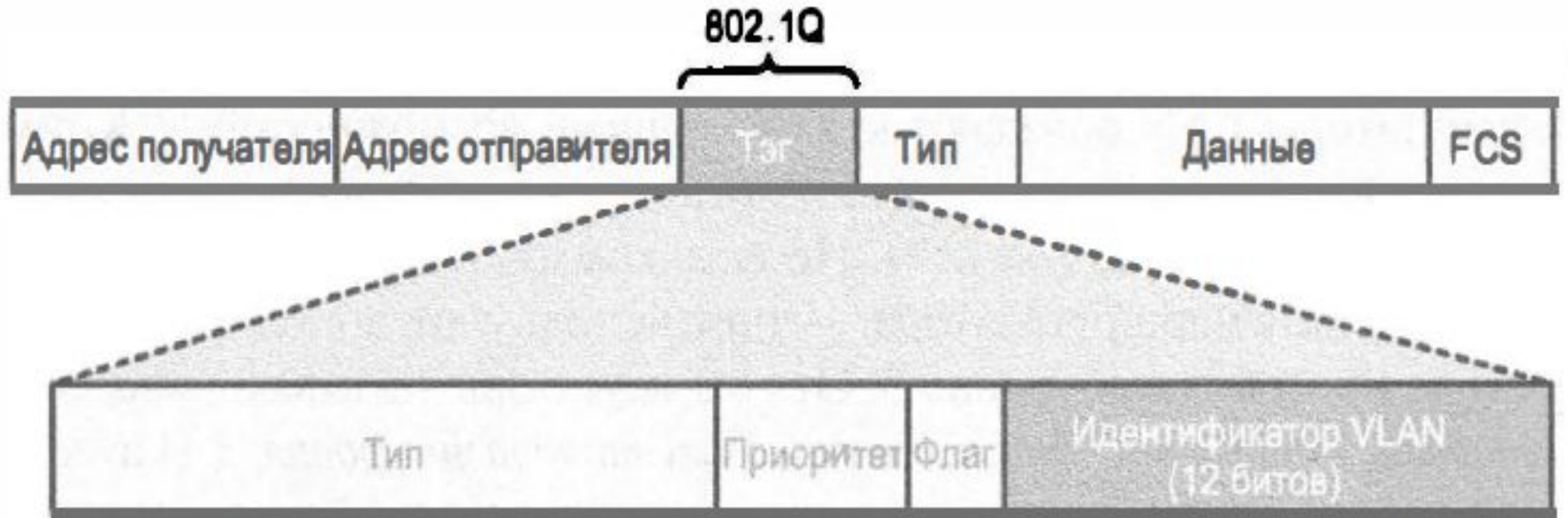


Рис. 9.5. Магистральное соединение VLAN между двумя коммутаторами

# Протокол магистралей VLAN 802.1Q



*Рис. 9.6. Заголовок магистрального соединения по стандарту 802.1Q*

# Протокол магистралей VLAN 802.1Q

- Протокол 802.1Q использует дополнительное 4-байтовое поле - **заголовок 802.1Q** в заголовке Ethernet первоначального фрейма
- 12-битовое поле способно идентифицировать **максимум  $2^{12}$  (4096) сетей VLAN**, хотя на практике доступно **максимум 4094 значения**. (0 и 4095 - зарезервированы).
- Коммутаторы Cisco **разделяют** диапазон идентификаторов VLAN (1 -4094) на два диапазона: **нормальный (1-1005)** и **расширенный (1005 - 4094)**.
- Правила использования коммутаторами расширенного диапазона идентификаторов VLAN зависят от конфигурации **протокола создания магистралей VLAN (VLAN Trunking Protocol - VTP)**.

# Собственная сеть VLAN

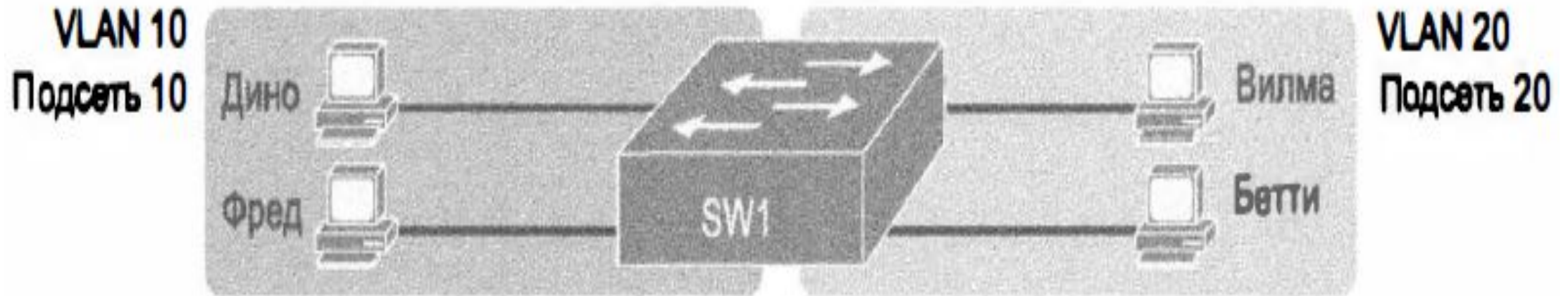
- Для каждого магистрального канала стандарт 802.1Q определяет также один специальный идентификатор VLAN, обозначающий **собственную сеть VLAN (native VLAN)**:
  1. протокол 802.1Q не добавляет заголовков 802.1Q к фреймам в собственной сети VLAN.
  2. когда коммутатор с другой стороны магистрального канала получает фрейм без заголовка 802.1Q, он понимает, что фрейм принадлежит собственной сети VLAN.
  3. оба коммутатора должны "договориться", какую сеть VLAN считать собственной.

# Коммутаторы уровней

- Коммутаторы LAN, передающие данные на основании логики уровня 2, называют **коммутаторами уровня 2 (Layer 2 switch)**.
- Есть коммутаторы, способные выполнять некоторые функции маршрутизатора, - они используют дополнительную логику, определенную протоколами уровня 3. Эти коммутаторы называют **многоуровневыми коммутаторами (multilayer switch), или коммутаторами уровня 3 (Layer 3 switch)**.

# Маршрутизация между VLAN

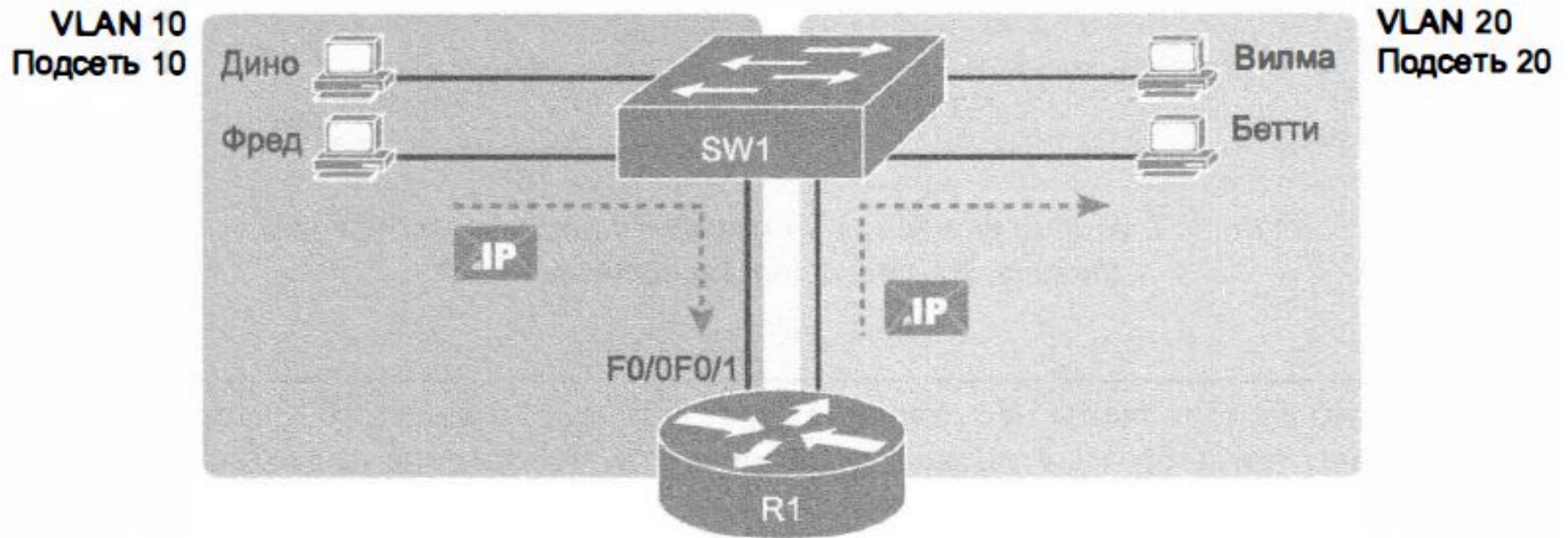
- Все устройства сети VLAN находятся **в одной подсети**, а устройства в разных сетях VLAN принадлежат **разным подсетям**.



*Рис. 9.7. Маршрутизация на коммутаторах между двумя физически отделенными сетями VLAN*

# Маршрутизация между VLAN

- **Логика уровня 2** не позволяет коммутатору уровня 2 перенаправлять фреймы Ethernet уровня 2 (L2PDU) между сетями VLAN. Однако **маршрутизаторы** могут перенаправить пакеты уровня 3 (L3PDU) между подсетями.

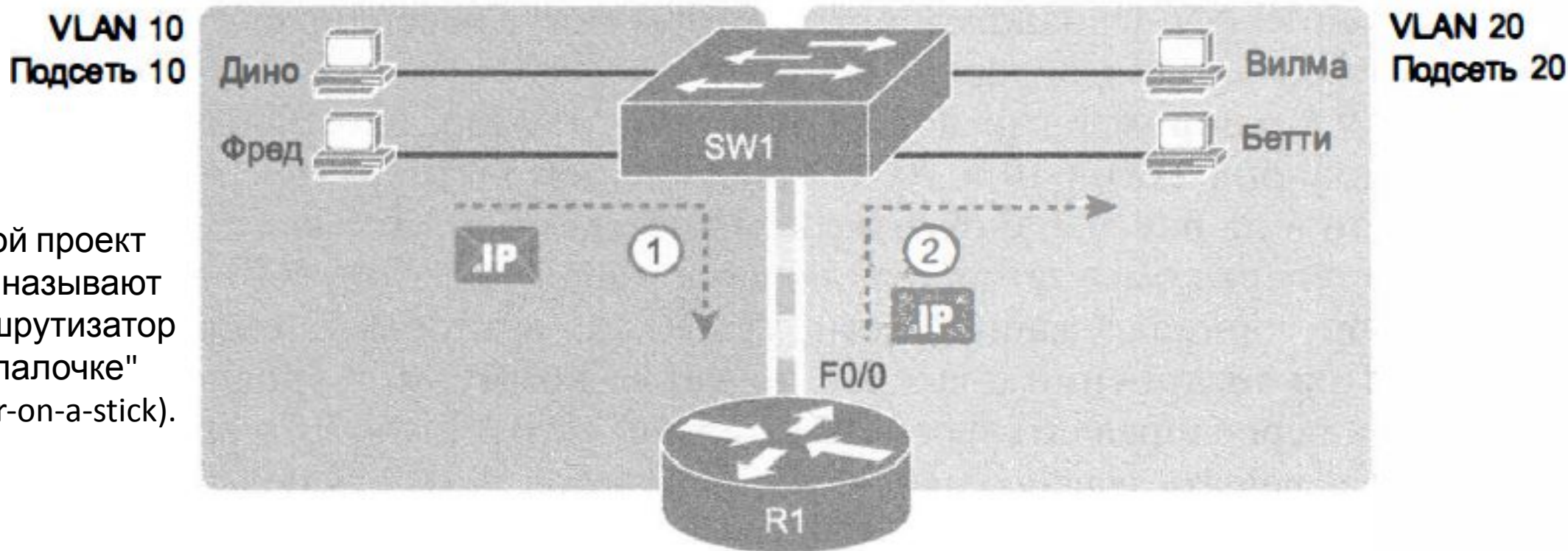


*Рис. 9.8. Маршрутизация между двумя сетями VLAN на двух физических интерфейсах*

# Маршрутизация между VLAN

- Теперь маршрутизатор R1 использует **магистральное соединение VLAN** вместо отдельного канала связи для каждой сети VLAN .

такой проект сети называют "маршрутизатор на палочке" (router-on-a-stick).



*Рис. 9.9. Маршрутизация между двумя сетями VLAN с использованием магистрального канала на маршрутизаторе*



# Маршрутизация между VLAN (коммутаторы уровня 3)

- У маршрутизации пакетов с использованием физического маршрутизатора есть одна серьезная проблема: **производительность**.
- Для ее решения производители начали объединять аппаратные и программные средства коммутаторов уровня 2 с маршрутизаторами уровня 3, выпуская **коммутаторы уровня 3** (они же **многоуровневые**

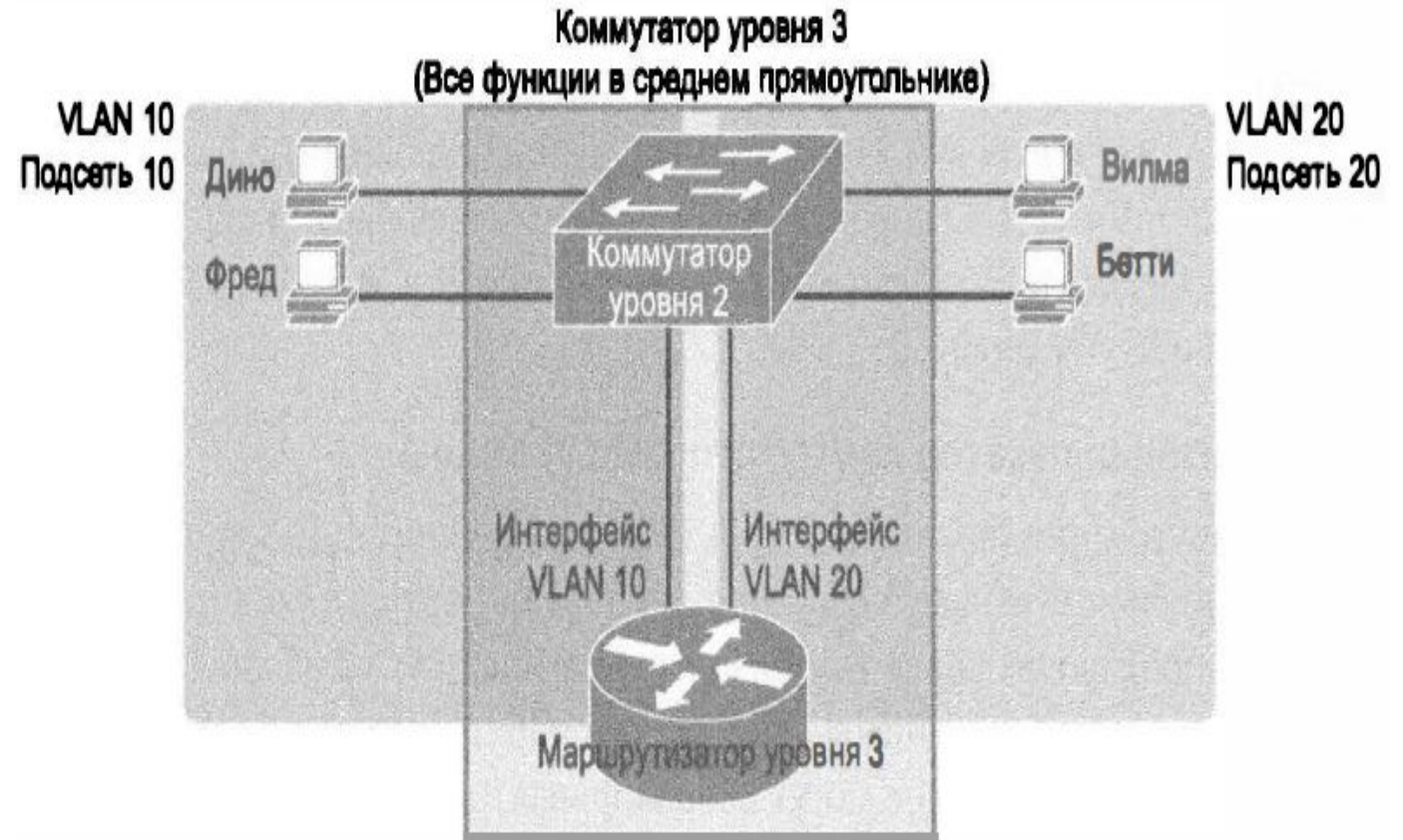


Рис. 9.10. Маршрутизация между сетями VLAN с использованием коммутатора уровня 3

# Настройка VLAN

- Чтобы коммутатор Cisco начал **перенаправлять фреймы** в определенную сеть VLAN:
  1. его нужно настроить, указав на существование еще **одной сети VLAN**.
  2. у коммутатора должны быть **немагистральные интерфейсы** (интерфейсы доступа (access interface)), принадлежащие этой сети VLAN, и (или) **магистральные каналы**, поддерживающие эту VLAN.

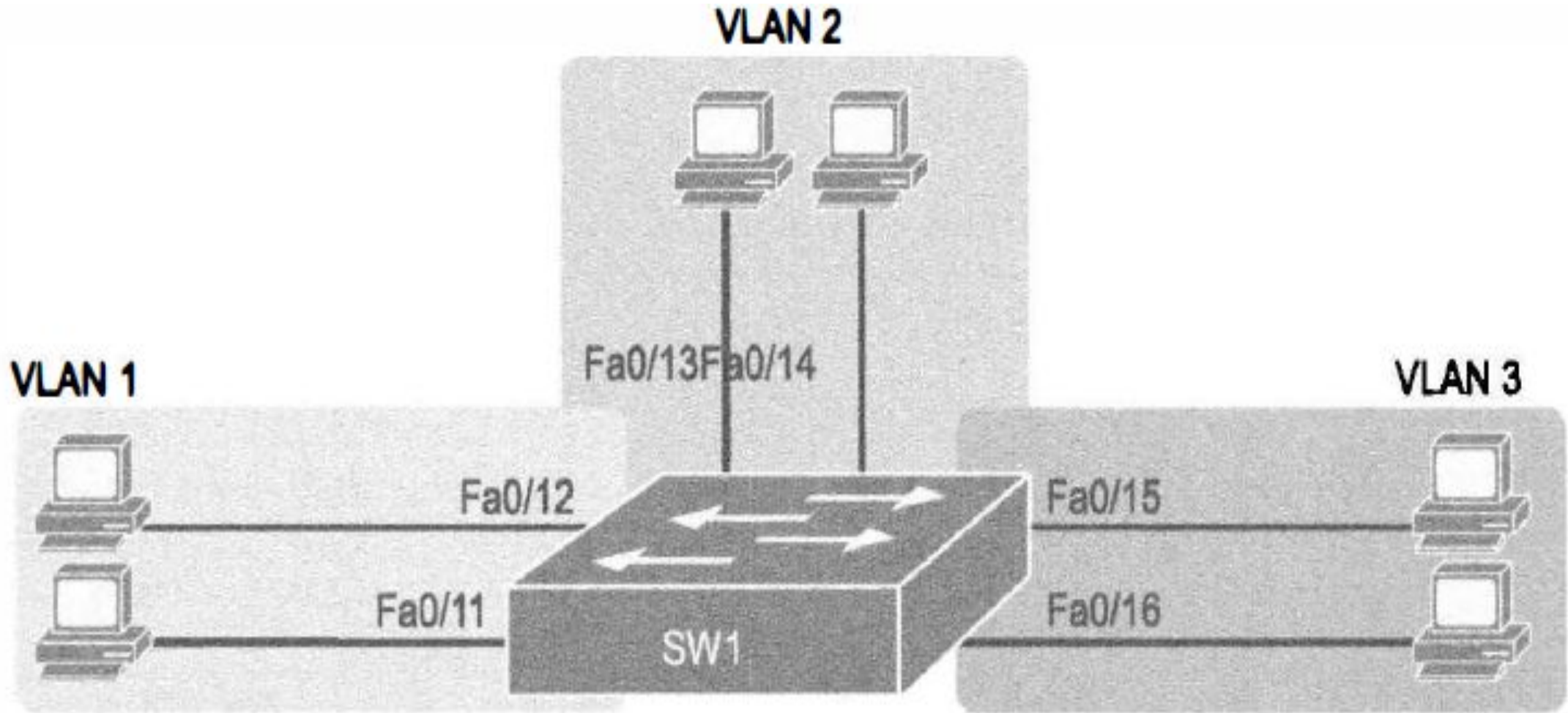
# Настройка VLAN

ЭТАП	ОПИСАНИЕ
1	<p>В режиме настройки конфигурации введите глобальную команду конфигурации: <b>vlan идентификатор_vlan</b> для создания сети VLAN и перейдите в режим настройки конфигурации сети VLAN.</p> <p>(Необязательно) Чтобы присвоить сети VLAN имя, введите подкоманду: <b>VLAN name ИМЯ</b></p> <p>Если этого не сделать, именем VLAN будет VLANZZZZ, где zzzz десятичный идентификатор из четырех цифр.</p>
2	<p>Для каждого <b>интерфейса доступа</b> (интерфейса, принадлежащего не магистральному каналу, а отдельной сети VLAN) выполните следующие действия:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Используя команду <b>interface</b>, перейдите в режим конфигурации каждого настраиваемого интерфейса.</li><li>2. Используя подкоманду интерфейса <b>switchport access vlan идентификатор_vlan</b>, укажите номер сети VLAN, связанной с данным интерфейсом.</li><li>3. (Необязательно) Чтобы отключить магистральное соединение на том же интерфейсе и запретить переговоры о создании магистрального канала, используйте подкоманду интерфейса <b>switchport mode access</b>.</li></ol>

# Настройка VLAN

- Например, если порты коммутатора следует распределить по трем сетям VLAN (11, 12 и 13), нужно :
  1. ввести три **команды** `vlan 11` , `vlan 12` и `vlan 13`.
  2. затем для каждого интерфейса ввести **команду** `switchport access vlan 11` (или 12, или 13 ), чтобы присвоить соответствующий интерфейс надлежащей сети VLAN.

# Полная настройка VLAN: пример 1



*Рис. 9.11. Сеть с одним коммутатором и тремя сетями VLAN*

# Полная настройка VLAN: пример 1

```
SW1# show vlan brief
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/1, Fa0/2, 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 Gi0/1, Gi0/2

# Полная настройка VLAN: пример 1

```
SW1# configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
SW1(config)# vlan 2
```

```
SW1(config-vlan)# name Freds-vlan
```

```
SW1(config-vlan)# exit
```

```
SW1(config)# interface range fastethernet 0/13 - 14
```

```
SW1(config-if)# switchport access vlan 2
```

```
SW1(config-if)# end
```

# Полная настройка VLAN: пример 1

```
SW1# show running-config
! Часть строк опущена для краткости
vlan 2
name Freds-vlan
!
! еще часть строк опущена для краткости
interface FastEthernet0/13
    switchport access vlan 2
    switchport mode access
!
interface FastEthernet0/14
    switchport access vlan 2
    switchport mode access
!
```



# Полная настройка VLAN: пример 1

```
SW1# show vlan brief
```

VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4 Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8 Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12 Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18 Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22 Fa0/23, Fa0/24, Gi0/1, Gi0/2
<u>2 Freds-vlan</u>	active	Fa0/13, Fa0/14
1002 fddi-default	act/unsup	
1003 token-ring-default	act/unsup	
1004 fddinet-default	act/unsup	
1005 trnet-default	act/unsup	

# Полная настройка VLAN: пример 1

```
SW1# show vlan id 2
```

VLAN	Name	Status	Ports
2	Freds-vlan	active	Fa0/13, Fa0/14

VLAN	Type	SAID	MTU	Parent	RingNo	BridgeNo	Stp	BrdgMode	Trans1	Trans2
2	enet	100010	1500	-	-	-	-	-	0	0

```
Remote SPAN VLAN
```

```
-----  
Disabled
```

Primary	Secondary	Type	Ports
---------	-----------	------	-------

## Сокращенная настройка VLAN: пример 2

```
SW1# configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
SW1(config)# interface range FastEthernet 0/15 - 16
```

```
SW1(config-if-range)# switchport access vlan 3
```

```
% Access VLAN does not exist. Creating vlan 3
```

```
SW1(config-if-range)# ^Z
```

# Сокращенная настройка VLAN: пример 2

```
SW1# show vlan brief
```

VLAN	Name	Status	Ports
1	default	active	Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4 Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8 Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20 Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24 Gi0/1, Gi0/2
2	Freds-vlan	active	Fa0/13, Fa0/14
3	<u>VLAN0003</u>	active	<u>Fa0/15, Fa0/16</u>
1002	fddi-default	act/unsup	
1003	token-ring-default	act/unsup	
1004	fddinet-default	act/unsup	
1005	trnet-default	act/unsup	

# Протокол создания магистралей VLAN (VTP)

- **Протокол создания магистралей VLAN** (VLAN Trunking Protocol VTP) - это собственный протокол компании Cisco, выполняющийся на ее коммутаторах:
  - ✓ он анонсирует каждую сеть VLAN, настроенную на одном коммутаторе **командой vlan номер**, чтобы о ней узнали все остальные коммутаторы в территориальной локальной сети.
- Каждый коммутатор может работать в одном из **трех режимов VTP**: серверном, клиентском или прозрачном.

# Протокол создания магистралей VLAN (VTP)

- Если коммутатор будет использовать **серверный или клиентский** режим VTP, то обнаружится следующее:
  1. серверные коммутаторы могут настраивать сети VLAN только в стандартном диапазоне (1-1005);
  2. клиентские коммутаторы не могут настраивать сети VLAN;
  3. команда `show running-config` не отображает команды `vlan`.
- Для включения прозрачного режима протокола VTP используется **глобальная команда `vtp mode transparent`**, а для его отключения - **глобальная команда `vtp mode off`**.

# Настройка магистрального соединения

- Достаточно добавить одну подкоманду интерфейса для порта коммутатора на каждой стороне канала связи – **switchport mode trunk**, и будет получен магистральный канал VLAN, поддерживаемый всеми сетями VLAN , известными каждому коммутатору (**статическое соединение**).
- Конфигурация магистралей на коммутаторах Cisco имеет несколько вариантов для **динамических переговоров** о разных параметрах магистралей:
  - **тип магистрального соединения**: протокол ISL, протокол 802.1Q или переговоры о применяемом протоколе.
  - **административный режим**: всегда магистральный канал, никогда магистральный канал или переговоры.

# Протокол DTP

- Коммутаторы Cisco, поддерживающие протоколы ISL и 802.1Q, способны вести переговоры об используемом типе при помощи **протокола динамического согласования магистральных каналов ( Dynamic Trunk Protocol - DTP)**.
- Протокол DTP позволяет также согласовать административный режим локальных портов коммутаторов (**команда `switchport mode`**) и параметры:

<code>access</code>	Всегда быть портом доступа (а не магистрального канала)
<code>trunk</code>	Всегда быть портом магистрального канала
<code>dynamic desirable</code>	Передавать и отвечать на сообщения переговоров, чтобы динамически решить, использовать ли магистральное соединение
<code>dynamic auto</code>	Пассивно ожидать получения сообщений переговоров. При получении таковых вести переговоры об использовании магистрального соединения



# Магистральные соединения: пример 3

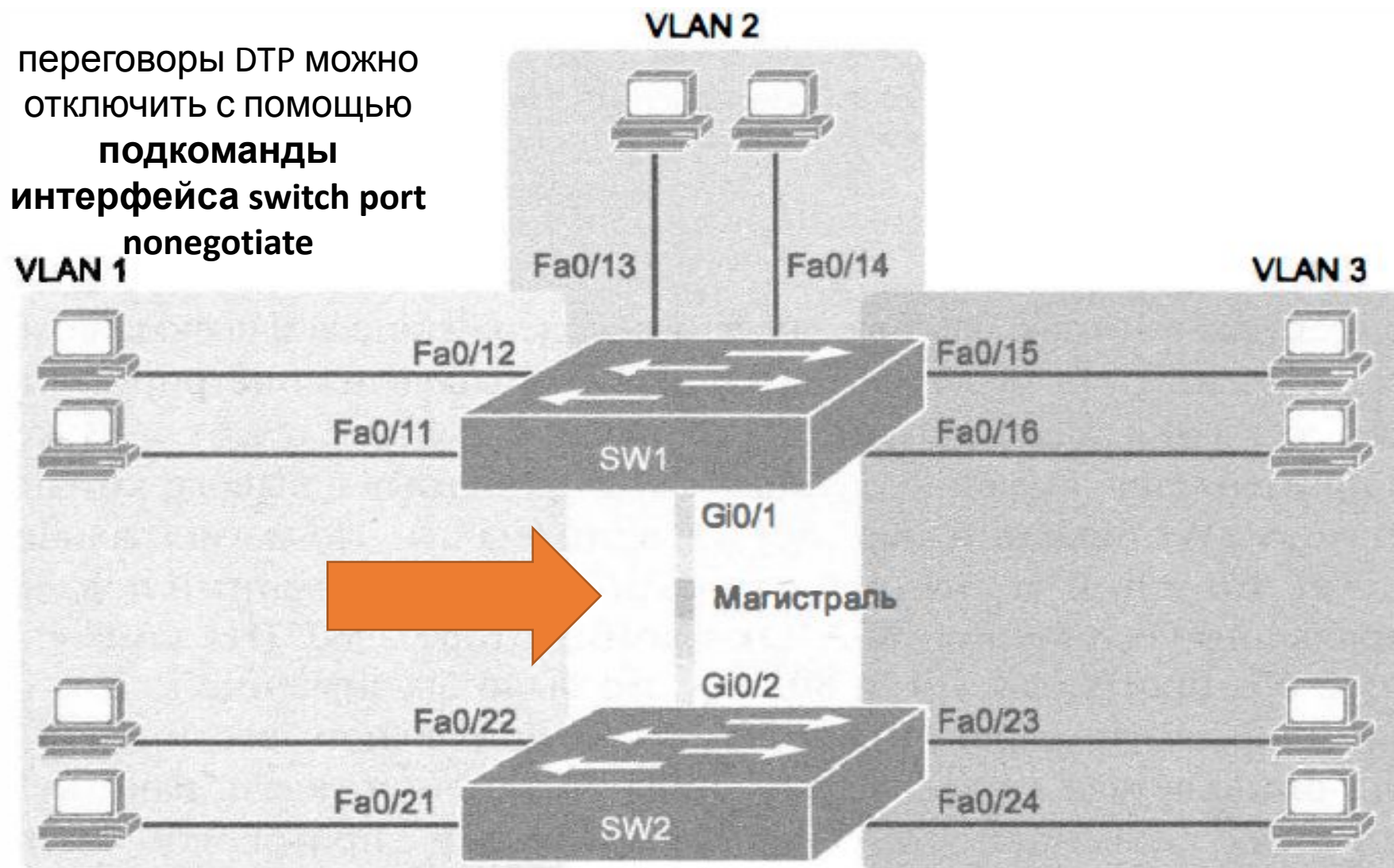


Рис. 9.12. Сеть с двумя коммутаторами и тремя сетями VLAN

# Магистральные соединения: пример 3

```
SW1# show interfaces gigabit 0/1 switchport
```

```
Name: Gi0/1
```

```
Switchport: Enabled
```

```
Administrative Mode: dynamic auto
```

```
Operational Mode: static access
```

```
Administrative Trunking Encapsulation: dot1q
```

```
Operational Trunking Encapsulation: native
```

```
Negotiation of Trunking: On
```

```
Access Mode VLAN: 1 (default)
```

```
Trunking Native Mode VLAN: 1 (default)
```

```
Administrative Native VLAN tagging: enabled
```

```
Voice VLAN: none
```

```
Access Mode VLAN: 1 (default)
```

```
Trunking Native Mode VLAN: 1 (default)
```

```
Administrative Native VLAN tagging: enabled
```

```
Voice VLAN: none
```

# Магистральные соединения: пример 3

- Команда `show interfaces trunk` выводит информацию обо всех интерфейсах магистральных каналов, работающих в настоящий момент, т.е. она перечисляет интерфейсы, которые в настоящее время используют магистральное соединение VLAN.

```
SW1# show interfaces trunk
```

```
SW1#
```

- Не перечисляя интерфейсы, эта команда также подтверждает, что канал связи между коммутаторами не является магистральным соединением.

# Магистральные соединения: пример 3

```
SW1# configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
SW1(config)# interface gigabit 0/1
```

```
SW1(config-if)# switchport mode dynamic desirable
```

---

```
SW1(config-if)# ^Z
```

```
SW1#
```

```
01:43:46: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface  
GigabitEthernet0/1, changed  
state to down
```

```
01:43:49: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface  
GigabitEthernet0/1, changed  
state to up
```

```
SW1# show interfaces gigabit 0/1 switchport
```

```
Name: Gi0/1
```

```
Switchport: Enabled
```

```
Administrative Mode: dynamic desirable
```

---

```
Operational Mode: trunk
```

---

# Магистральные соединения: пример 3

```
SW1# show interfaces trunk
```

```
Port      Mode          Encapsulation   Status   Native vlan
Gi0/1     desirable    802.1q          trunking 1
```

```
Port      Vlans allowed on trunk
Gi0/1     1-4094
```

```
Port      Vlans allowed and active in management domain
Gi0/1     1-3
```

```
Port      Vlans in spanning tree forwarding state and not pruned
Gi0/1     1-3
```

# Магистральные соединения: пример 3

```
SW1# show vlan id 2
```

VLAN	Name	Status	Ports
2	Freds-vlan	active	Fa0/13, Fa0/14, G0/1

VLAN	Type	SAID	MTU	Parent	RingNo	BridgeNo	Stp	BrdgMode	Trans1	Trans2
2	enet	100010	1500	-	-	-	-	-	0	0

```
Remote SPAN VLAN
```

```
-----  
Disabled
```

Primary	Secondary	Type	Ports
---------	-----------	------	-------

# Результаты переговоров DTP

<b>Административный режим</b>	<b>access</b>	<b>dynamic auto</b>	<b>trunk</b>	<b>dynamic desirable</b>
access	access	access	Не используется *	access
dynamic auto	access	access	trunk	trunk
trunk	Не используется *	trunk	trunk	trunk
dynamic desirable	access	trunk	trunk	trunk

# Контроль сетей VLAN

- **Список разрешенных сетей VLAN (allowed VLAN list)** - это механизм, позволяющий административно отключать сети VLAN от магистрального канала.
- Стандартно коммутаторы включают в список разрешенных сетей VLAN каждой магистрали **все возможные сети VLAN** (от VLAN 1 до VLAN 4094).
- Однако впоследствии можно сократить количество сетей VLAN, которым разрешено использовать магистральный канал **подкомандой интерфейса:**

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



# Причины невозможности передачи трафика по VLAN

1. Сеть VLAN удалена из списка разрешенных сетей VLAN для магистрального канала.
2. Сеть VLAN отсутствует в конфигурации коммутатора (как свидетельствует вывод команды `show vlan`).
3. Сеть VLAN существует, но административно отключена (командой `shutdown`).
4. Сеть VLAN автоматически отсечена протоколом VTP.
5. Экземпляр STP сети VLAN перевел магистральный интерфейс в состояние блокировки.

# Команда show interfaces trunk

- Команда **show interfaces trunk** выводит список идентификаторов VLAN.
- Вывод указанной команды содержит продолжение в виде **трех списков сетей VLAN**, поддерживаемых магистральным каналом:
  1. сети VLAN, разрешенные на магистральном канале (стандартно 1 - 4094).
  2. сети VLAN настроенные и активные (не отключенные).
  3. сети VLAN не отсеченные протоколом VTP и не заблокированные протоколом STP.

# Отключение VLAN: пример 4

```
SW1# show interfaces trunk
```

Port	Mode	Encapsulation	Status	Native vlan
Gi0/1	desirable	802.1q	trunking	1

Port	Vlans allowed on trunk
Gi0/1	1-4094

Port	Vlans allowed and active in management domain
Gi0/1	1-3

Port	Vlans in spanning tree forwarding state and not pruned
Gi0/1	1-3

# Отключение VLAN: пример 4

Этап 1 Настройка сети VLAN 4

Этап 2 Отключение сети VLAN 2

Этап 3 Удаление сети VLAN 3 из списка разрешенных сетей VLAN магистрального канала

```
SW1# configure terminal
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
SW1(config)# vlan 4
```

---

```
SW1(config-vlan)# vlan 2
```

```
SW1(config-vlan)# shutdown
```

---

```
SW1(config-vlan)# interface gi0/1
```

```
SW1(config-if)# switchport trunk allowed vlan remove 3
```

---

```
SW1(config-if)# ^Z
```

# Отключение VLAN: пример 4

! Три списка сетей VLAN в выводе следующей команды показывают разрешенные  
! сети VLAN (1, 2 и 4-4094), разрешенные и активные сети VLAN (1 и 4) и  
! разрешенные, активные, неотсеченные и перенаправляемые протоколом STP  
! сети VLAN (1 и 4).

SW1# **show interfaces trunk**

Port	Mode	Encapsulation	Status	Native vlan
Gi0/1	desirable	802.1q	trunking	1

! Далее сеть VLAN 3 исключается, поскольку она была удалена из списка  
! разрешенных сетей VLAN.

Port	Vlans allowed on trunk
Gi0/1	1-2,4-4094

---

! Сеть VLAN 2 исключается, поскольку она отключена. Сети VLAN 5-4094  
! исключаются, поскольку на коммутаторе SW1 они не настроены.

Port	Vlans allowed and active in management domain
Gi0/1	1,4

---

Port	Vlans in spanning tree forwarding state and not pruned
Gi0/1	1,4

# Ключевые темы

---

## Описание

---

Создание двух широковещательных доменов с использованием одного коммутатора и сети VLAN

Причины применения сетей VLAN

Магистральное соединение VLAN между двумя коммутаторами

Заголовок магистрального соединения по стандарту 802.1Q

Маршрутизация между двумя сетями VLAN с использованием магистрального канала на маршрутизаторе

Маршрутизация между сетями VLAN с использованием коммутатора уровня 3

Последовательность настроек и конфигурации VLAN и назначения интерфейсов

Параметры команды `switchport mode`, определяющие административный режим магистрالی

Ожидаемый рабочий режим магистрالی на основании параметров административных режимов

Причины невозможности передачи трафика сети VLAN по магистральному каналу