

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

И. И. Глецевич

АДМИНИСТРИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники для специальности 1-40 02 01 «Вычислительные машины,
системы и сети» в качестве учебно-методического пособия*

Минск БГУИР 2022

Версия: 01.02.2022

Содержание

Предисловие	4
Введение	5
1. Маршрутизаторы Cisco	6
1.1 Продукция	6
1.2 Модули	7
1.3 Учебные маршрутизаторы	9
1.4 Две конфигурации	16
1.5 Структура	16
2 Основы Cisco IOS	20
2.1 Эмуляторы	20
2.2 Средства администрирования	21
2.3 Загрузка	27
2.4 Режимы и команды	31
2.5 Сетевые интерфейсы	42
3 Поддержка IPv4 в Cisco IOS	46
3.1 Адресация IPv4	46
3.2 Маршрутизация IPv4	48
3.3 DHCP	54
4 Поддержка IPv6 в Cisco IOS	56
5 Коммутаторы Cisco	64
5.1 Продукция	64
5.2 Модули	66
5.3 Учебные коммутаторы	66
5.4 Структура	68
6 Cisco IOS и коммутаторы	71
6.1 Средства администрирования	71
6.2 Загрузка	71
6.3 Команды	76
6.4 Порты	78
Список использованных источников	80

ПРЕДИСЛОВИЕ

Специальная терминология, содержащаяся в данном пособии, совпадает с терминологией, содержащейся в лекциях по дисциплинам «Теоретические основы компьютерных сетей», «Администрирование компьютерных систем и сетей» и «Аппаратное обеспечение компьютерных сетей».

При классификациях, если это не противоречит оригинальным названиям, в отношении обобщенных понятий использован термин «тип», а конкретных – «вид».

Слово «либо» означает строгую альтернативу – исключающее или (xor).

Курсивом выделены ключевые термины, находящиеся в широком обиходе. Специфические термины, относящиеся к конкретным технологиям и используемые более узко, не выделены.

При изображении рисунков использованы условные графические обозначения в нотации Cisco.

Общие комментарии об использовании команд ОС приведены до (реже, где уместнее, после) примеров.

Конкретные комментарии о вводе команд и выводе результатов вписаны в примеры и выделены.

Подробные описания команд не приведены, их легко найти в документации на сайте Cisco.

Разные примеры по умолчанию не зависят друг от друга.

ВВЕДЕНИЕ

Маршрутизацию пакетов в СПД выполняют не только разнообразные компьютеры классов Desktop, Workstation и Server, а и специально разработанные для этой цели особые устройства – маршрутизаторы. В первую очередь это затрагивает высокоранговые подсети.

В мире существует ряд компаний, специализирующихся на производстве маршрутизаторов, коммутаторов и другого сетевого оборудования для «серьезного» бизнеса. Одной из них является Cisco Systems, Inc. (рисунок 0.1). По оценкам различных экспертов, доля маршрутизаторов и коммутаторов Cisco в сетях провайдеров стабильно занимает около 50 %. Капитализация Cisco соизмерима с капитализацией Intel, либо Microsoft.

Даже поверхностное ознакомление с учебными и сертификационными программами Cisco, включая CCNA, предполагает ознакомление с номенклатурой выпускаемого этой компанией оборудования. Стоит подчеркнуть, что, по мнению множества инструкторов сетевых академий Cisco, обучение следует начинать именно с маршрутизаторов.



Рисунок 0.1 – Логограммы Cisco

1 МАРШРУТИЗАТОРЫ CISCO

1.1 Продукция

По состоянию на февраль 2022 г. маршрутизаторы Cisco делят на шесть основных целевых категорий (Branch, WAN aggregation, Service provider, Industrial, Virtual, Small business) и множество серий (рисунок 1.1).

Cisco routers for networks of all types and sizes					
View all routers, or try the Cisco Enterprise Router Selector to find the best router for enabling SD-WAN.					
					
Branch	WAN aggregation	Service provider	Industrial	Virtual	Small business
Gain highly secure connectivity, machine learning, and cloud-managed security.	Transform your service provider or enterprise network edge for the digital era.	Address today's needs and scale for future ones with strong ROI.	Deliver enterprise-class features in rugged and harsh environments.	Get multi-tenant network services for public, private, or provider-hosted clouds.	Get advanced capabilities and security features at affordable prices.
Catalyst 8300 Series	NCS 500 Series	8000 Series	Catalyst IR1100 Rugged	IOS Xrv 9000	ISR 1000 Series
Catalyst 8200 Series (new)	NCS 5000 Series	NCS 500 Series	Catalyst IR1800 Rugged	Catalyst 8000V	ISR 900 Series
Catalyst 8200 Series Edge uCPE Series (new)	NCS 5500 Series	NCS 5500 Series	Catalyst IR8100 Heavy Duty	CSR 1000V	Meraki MX Security Appliances
ISR 4000 Series	NCS 5700 Series	NCS 5700 Series	Catalyst IR8300 Rugged	IoT Gateways	Small Business RV Series
ISR 1000 Series	Catalyst 8500 Series	ASR 9000 Series			
	ASR 900 Series	ASR 900 Series			
	ASR 1000 Series				

Рисунок 1.1 – Маршрутизаторы Cisco

В названиях многих производившихся и производимых серий фигурируют аббревиатуры.

В первом приближении, традиционные и новые маршрутизационные платформы от Cisco можно разделить на менее производительные и более производительные, плюс появившиеся совсем недавно специализированные платформы.

Основу сегментов рынка SOHO и SMB составляют различные серии ISRs (Integrated Services Routers). Аналогичные pre-ISR-серии обобщенно известны как access routers. Конечно же, такие маршрутизаторы массово применяют и на периферии корпоративных сетей.

Высокопроизводительные серии позиционируют как основу для наиболее требовательных к сетевым ресурсам сегментов рынка, а именно: компьютерных систем с большим числом сервисов, инфраструктуры провайдеров, центров обработки данных.

Многие серии представляют собой гибриды с коммутаторами. Примером может служить формально относящаяся к коммутаторам линейка Nexus.

Наличие альтернативных решений для одних и тех же сегментов рынка можно объяснить особенностями возможностей аппаратного и программного

обеспечения. Однако, даже в рамках одной серии аппаратная «начинка» может сильно отличаться.

В качестве лабораторной базы для первоначального обучения обычно используют относительно недорогие серии ISRs различных поколений (рисунок 1.2). Традиционно, программа CCNA ориентирована на «младшие» модели ISRs для сегмента рынка SMB (или «старшие» модели ISRs для сегмента рынка SOHO). Применительно к собственно ISRs это 2811, к ISRs G2 это 2901, к ISRs 4K это 4331 (или 1841, 1941, 4221 соответственно). Хотя, при недоступности по каким-либо причинам оных, подойдут и другие.



Рисунок 1.2 – Маршрутизаторы ISRs (серия 2800), ISRs G2 (серия 2900) и ISRs 4K (серии 4200, 4300 и 4400) соответственно [Cisco]

1.2 Модули

Маршрутизаторы Cisco (исключая самые дешевые) изначально разрабатывают как модульные (modular). На так называемое шасси (chassis) с уже установленным базовым набором сетевых интерфейсов существует возможность доустанавливать различные количественно и качественно различающиеся модули. При этом, в первом приближении, выделяют пять групп модулей:

- 1 Интерфейсные карты.
- 2 Интерфейсные модули.
- 3 Внутренние модули.
- 4 DSP-сопроцессоры.
- 5 Порт-адаптеры и другие модули для высокопроизводительных платформ.

Ниже обобщены модули ISRs (таблица 1.1) и показаны их примеры (рисунки 1.3 – 1.7).

Стрелками показана совместимость. ~> – через переходник. Более новые версии IOS поддерживают не все более старые модули.

Таблица 1.1 – Модули ISRs

	Pre-ISR		ISR		ISR G2		ISR 4000
1	WIC VWIC VIC	-> -> ->	HWIC VWIC2 VIC2	-> -> ->	EHWIC VWIC3 VIC3	x x x	NIM
2	NM NMD	-> ->	NME NMD NME-X NME-XD	~> x x x	SM SM-D	<-> <->	SM-X SM-X
3	AIM	->	AIM	x	ISM		--
4	MICA PVDM	x x	PVDM2	~>	PVDM3	x	ISC (PVDM4)

Где: WIC – WAN Interface Card, VWIC – Voice WIC, VIC – Voice Interface Card, HWIC – High-speed WIC, EHWIC – Enhanced HWIC (усовершенствованная), NIM – Network Interface Module; NM – Network Module, NMD – NM Double-wide (шире в два раза), NME – NM Enhanced (усовершенствованный), NME-X – NME eXtended (немного шире), NME-XD – NME-X Double-wide, SM – Service Module, SM-D – SM Double-wide, SM-X – Service Module Enhanced (именно усовершенствованный, одинарной либо двойной ширины); AIM – Advanced Integration Module, ISM – Internal Services Module; MICA – Modem ISDN Channel Aggregation, PVDM – Packet Voice DSP Module, ISC – Integrated Services Card.



Рисунок 1.3 – WIC2-A/S, HWIC-2FE, VWIC2-2MFT-T1/E1, EHWIC-4ESG, NIM-2T соответственно [Cisco]



Рисунок 1.4 – NM-1FE1R2W, SM-SRE-910-K9 соответственно [Cisco]



Рисунок 1.5 – AIM-IPS-K9, ISM-VPN-29 соответственно [Cisco]



Рисунок 1.6 – PVDM2-32, PVDM3-128, PVDM4-256 соответственно [Cisco]



Рисунок 1.7 – PA-A3-T3 [Cisco]

В названии модуля отражено его наполнение (например, HWIC-2FE позволяет добавить два сетевых интерфейса Fast Ethernet).

Разрабатывают и полностью программные модули, но маршрутизаторы (коммутаторы) это не затрагивает.

1.3 Учебные маршрутизаторы

При рассмотрении любого сетевого устройства с точки зрения его функциональной организации можно выделить три так называемых *плана* (planes) (заложено во многие стандарты и Cisco делает на этом акцент):

1 Management – административный – включает весь инструментарий, необходимый администратору для того чтобы он мог управлять сетевым устройством и отслеживать его состояние (например, протокол SSH).

2 Data – данных – включает все необходимое для выполнения сетевым устройством полезной нагрузки, то есть непосредственной пересылки пользовательского трафика (например, классическую таблицу маршрутизации – если не вдаваться в подробности о гибридных технологиях L2 – L3, таких как Cisco Express Forwarding).

3 Control – управляющий – представляет собой служебную надстройку над планом данных, с помощью которой сетевое устройство «разговаривает» с другими сетевыми устройствами и тем самым адаптирует структуры плана данных (например, протокол OSPF).

Могут быть выделены и другие планы (например, связанные с виртуализацией). Планы могут иметь альтернативные названия.

Здесь уместно пояснить, что термины «management» и «control» очень часто используют в различной технической литературе – в названиях блоков, регистров, сигналов и так далее. И их адекватный перевод зависит от контекста.

В англоязычной технической литературе термин «management» можно считать синонимом термина «administration», при использовании которого, в первую очередь, подразумевают наличие человеческого фактора, или принадлежность к относительно высокому уровню. Речь идет о человеке, которого в

компьютерных системах принято называть администратором. При использовании же термина «control», в первую очередь, подразумевают автоматическое воздействие на объект или отслеживание его состояния, или принадлежность к относительно низкому уровню.

Термин «администрирование» был заимствован с сохранением семантики. И его лучше отделять от терминов «контроль» и «управление». В русском языке, при использовании термина «контроль», в первую очередь, подразумевают, что первично отслеживание состояния объекта. При использовании же термина «управление» – что первично воздействие на объект.

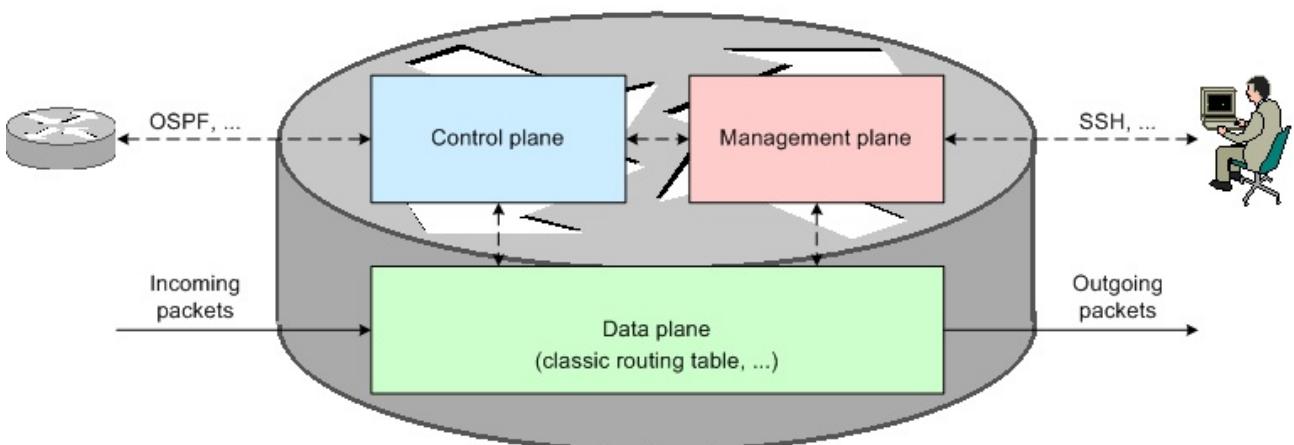


Рисунок 1.8 – Три плана маршрутизатора

Маршрутизатор может быть разделен на планы (рисунок 1.8) не только программно, а и аппаратно (например, планы могут иметь собственные процессоры или, как вариант, отдельные ядра одного процессора). Аппаратное разделение свойственно высокопроизводительным платформам.

Администрировать маршрутизатор (коммутатор) можно по-разному:

1 Подключение может быть локальным (local), то есть технологически без устройств посредников, или удаленным (remote), то есть технологически с возможным наличием устройств-посредников.

2 Административный трафик может быть изолирован от пользовательского (out-of-band) или совмещен с ним (in-band).

3 Не смотря на то, что все сетевые интерфейсы в КС имеют последовательную природу, обмен может быть посимвольным (character mode) или попакетным (packet mode).

Все сетевые интерфейсы можно разделить на «рабочие» и для администрирования. При этом «рабочие» интерфейсы можно опционально использовать и для администрирования.

Для удобства работы, Cisco применяет цветовую маркировку разъемов и кабелей.

Таким образом:

1 Console-порт равно CON-порт – светло-голубой – для подключения основной консоли – только локальный изолированный посимвольный терминальный доступ по протоколу RS-232.

2 Auxiliary-порт равно AUX-порт – черный – для подключения резервной консоли, с поддержкой аппаратного контроля потока – только удаленный изолированный попакетный терминальный доступ посредством модема по протоколам Telnet или SSH.

3 Ethernet-порт – желтый либо уже просто без цвета) плюс Multigigabit Ethernet-порт – изначально темно-голубой – возможен удаленный неизолированный попакетный терминальный доступ по протоколам Telnet или SSH.

4 Smart serial-порт – один из вариантов синхронных последовательных портов – синий – возможен удаленный неизолированный попакетный терминальный доступ по протоколам Telnet или SSH.

5 Ethernet Management-порт равно MGMT-порт равно административный порт – так же желтый – дополнительный Ethernet-порт, но только для администрирования – только удаленный изолированный попакетный терминальный доступ по протоколам Telnet или SSH.

На высокопроизводительных платформах цвета могут быть другие.

Ниже показаны «органы управления» шасси маршрутизаторов, используемых в учебном процессе (рисунки 1.9 – 1.11).

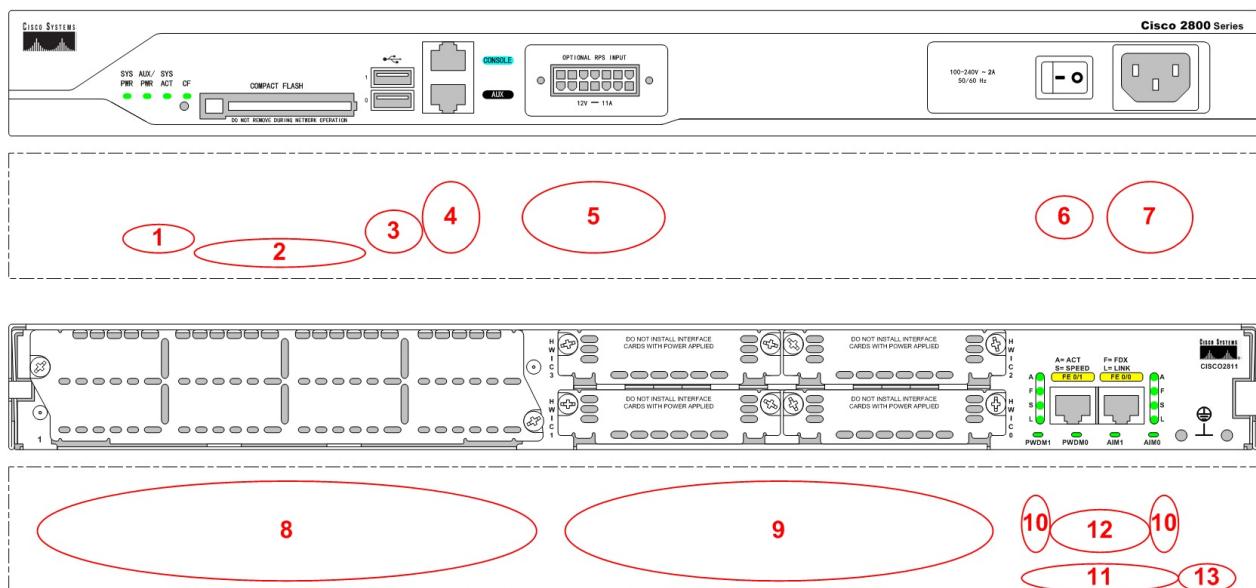


Рисунок 1.9 – Передняя (сверху) и задняя (снизу) панели 2811

Где: 1 – индикаторы (SYS PWR, AUX/PWR, SYS ACT, CF), 2 – CompactFlash-слот (с картой), 3 – два USB-порта, 4 – CON-порт и AUX-порт, 5 – розетка (оригинальная) для подключения резервного источника питания (отдельное устройство – RPS 675), 6 – тумблер питания, 7 – розетка (евро) для подключения питания, 8 – NME-слот, 9 – четыре HWIC-слота, 10 – индикаторы

(A, F, S, L), 11 – индикаторы (PVDM1, PVDM0, AIM1, AIM0), 12 – два Fast Ethernet-порта, 13 – отверстие с резьбой для заземления.

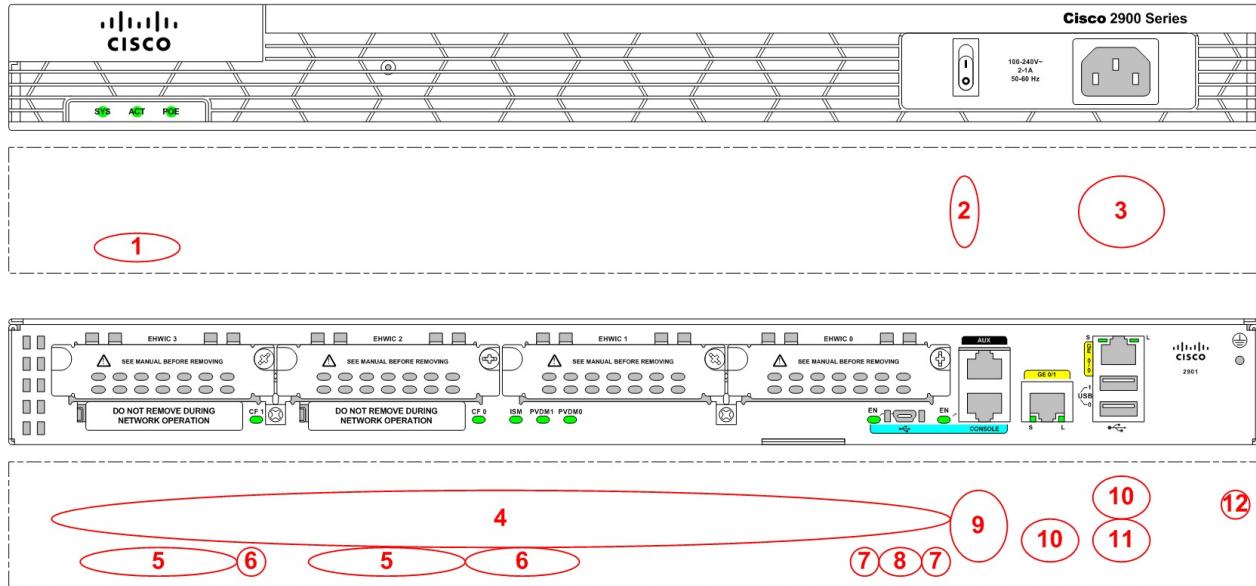


Рисунок 1.10 – Передняя (сверху) и задняя (снизу) панели 2901

Где: 1 – индикаторы (SYS, ACT, POE), 2 – тумблер питания, 3 – розетка (евро) для подключения питания, 4 – четыре EHWIC-слота, 5 – два CompactFlash-слота (один с картой), 6 – индикаторы (CF1, CF0, ISM, PVDM1, PVDM0), 7 – индикаторы (EN), 8 – CON-порт (Mini-USB), 9 – AUX-порт и CON-порт (RJ45), 10 – два Gigabit Ethernet-порта с индикаторами (S, L), 11 – два USB-порта, 12 – отверстие с резьбой для заземления.

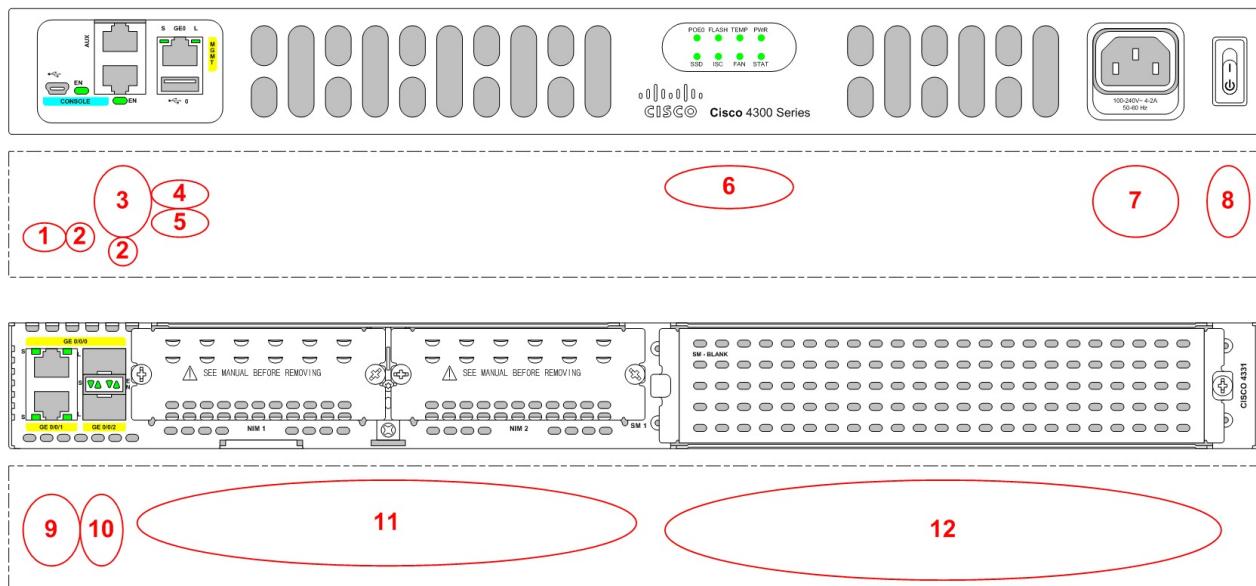


Рисунок 1.11 – Передняя (сверху) и задняя (снизу) панели 4331

Где: 1 – CON-порт (Mini-USB), 2 – индикаторы (EN), 3 – AUX-порт и CON-порт (RJ45), 4 – MGMT-порт с индикаторами (S, L), 5 – USB-порт, 6 – индикаторы (POE0, FLASH, TEMP, PWR, SSD, ISC, FAN, STAT), 7 – розетка (евро) для подключения питания, 8 – тумблер питания, 9 – два Gigabit Ethernet-порта (RJ45, один комбинированный с SFP) с индикаторами (S, L), 10 – два Gigabit Ethernet-порта (SFP, один комбинированный с RJ45) с индикаторами (S, EN), 11 – два NIM-слота, 12 – SM-X-слот.

Заметно что у маршрутизаторов Cisco разъем питания расположен на передней панели.

Разработчики Cisco традиционно широко используют двуцветные LED-индикаторы (кроме одноцветных). Зеленый (green) цвет обычно «говорит» о штатном функционировании чего-либо, а оранжевый (amber) – о наличии проблем.

Ниже описаны индикаторы маршрутизаторов, используемых в учебном процессе (таблицы 1.2 – 1.4).

Таблица 1.2 – Индикаторы 2811

Название	Индикация	Описание
1	2	3
SYS PWR	горит зеленым	Питание подключено, ОС загружена и функционирует нормально
	моргает зеленым	ОС незагружена (произошел автоматический либо «ручной» вход в режим ПЗУ-монитора) либо загружается
	горит оранжевым	Возникла ошибка ОС
	не горит	Питание не подключено или возникла аппаратная неисправность
AUX/PWR	горит зеленым	Резервный источник питания подключен и работает нормально (AUX), или аппаратная поддержка PoE установлена (нужен специальный блок питания и хотя бы один из соответствующих модулей-коммутаторов) и работает нормально (PWR)
	горит оранжевым	Резервный источник питания неисправен или аппаратура PoE неисправна
	не горит	Резервный источник питания не подключен или аппаратная поддержка PoE не установлена
SYS ACT	горит (моргает) зеленым	По крайней мере один из сетевых интерфейсов (любой) передает или принимает пакет (попакетная активность)
	не горит	Ни один из сетевых интерфейсов не активен
CF	горит (моргает) зеленым	Происходит обращение к карте CompactFlash (карту извлекать нельзя)
	не горит	Обращение к карте CompactFlash не происходит (карту можно извлечь)

1	2	3
A (Act)	горит (моргает) зеленым	Соответствующий Fast Ethernet-порт передает или принимает пакет (попакетная активность)
	не горит	Соответствующий Fast Ethernet-порт не активен
F (FDX)	горит зеленым	Соответствующий Fast Ethernet-порт работает в полнодуплексном режиме
	не горит	Соответствующий Fast Ethernet-порт работает в полу duplexном режиме
S (Speed)	периодически моргает (загорается и гаснет) зеленым два раза	Соответствующий Fast Ethernet-порт работает со скоростью передачи и приема данных 100 Mbit/s (только если горит L)
	периодически моргает (загорается и гаснет) зеленым один раз	Соответствующий Fast Ethernet-порт работает со скоростью передачи и приема данных 10 Mbit/s (только если горит L)
L (Link)	горит зеленым	Физическое соединение соответствующего Fast Ethernet-порта (и Ethernet-порта другого устройства) обнаружено и может быть задействовано
	не горит	Порт административно выключен либо физическое соединение соответствующего Fast Ethernet-порта не обнаружено
PVDM0 PVDM1	горит зеленым	Модуль в соответствующем PVDM-слоте обнаружен и успешно инициализирован
	горит оранжевым	Модуль в соответствующем PVDM-слоте обнаружен, но не инициализирован
	не горит	Модуль в соответствующем PVDM-слоте не обнаружен
AIM0 AIM1	горит зеленым	Модуль в соответствующем AIM-слоте обнаружен и успешно инициализирован
	горит оранжевым	Модуль в соответствующем AIM-слоте обнаружен, но не инициализирован
	не горит	Модуль в соответствующем AIM-слоте не обнаружен

Таблица 1.3. – Индикаторы 2901

Название	Индикация	Описание
1	2	3
SYS		Аналог 2811 SYS PWR
ACT		Аналог 2811 SYS ACT
POE		Аналог 2811 PWR
CF0		Аналог 2811 CF
CF1		

1	2	3
ISM	горит зеленым	Модуль в соответствующем ISM-слоте обнаружен и успешно инициализирован
	горит оранжевым	Модуль в соответствующем ISM-слоте обнаружен, но не инициализирован
	не горит	Модуль в соответствующем ISM-слоте не обнаружен
PVDM0 PVDM1	Аналог 2811 PVDM0, PVDM1	
EN	горит зеленым	Соответствующий CON-порт (RJ45 либо Mini-USB) выбран
	не горит	Соответствующий CON-порт не выбран
S (Speed)	Аналог 2811 S. Если периодически моргает (загорается и гаснет) зеленым три раза, то соответствующий Gigabit Ethernet-порт работает со скоростью передачи и приема данных 1000 Mbit/s	
L (Link)	Аналог 2811 L	

Таблица 1.4 – Индикаторы 4331

Название	Индикация	Описание
1	2	3
(CON) EN	Аналог 2901 EN	
S	Аналог 2901 S	
L	Аналог 2901 L	
POE0	Аналог 2901 POE	
FLASH	горит (моргает) зеленым	Происходит обращение к модулю eUSB
	не горит	Обращение к модулю eUSB не происходит
TEMP	горит зеленым	Температура по показаниям всех датчиков в норме
	горит оранжевым	Температура по показанию по крайней мере одного датчика не в норме
PWR	горит зеленым	Питание подключено, аппаратура работает normally
	моргает зеленым	Происходит отключение питания
	горит оранжевым	Питание подключено, возникла ошибка при инициализации аппаратуры
	моргает оранжевым	Питание подключено, но аппаратура не включается
	не горит	Питание не подключено (отсутствует)
SSD	горит зеленым	Накопитель mSATA обнаружен и успешно инициализирован
	горит оранжевым	Накопитель mSATA обнаружен, но не инициализирован
	не горит	Накопитель mSATA не обнаружен
ISC	Аналог 2901 PVDM0	

1	2	3
FAN	горит зеленым	Все вентиляторы исправны
	горит оранжевым	Один из вентиляторов неисправен
	моргает оранжевым	Два и более вентиляторов неисправны
STAT	горит зеленым	ОС загружена и функционирует нормально
	горит оранжевым	ОС незагружена (произошел автоматический либо «ручной» вход в режим ПЗУ-монитора) либо загружается
	моргает оранжевым	Загружается ПЗУ-монитор (первичный загрузчик)
	не горит	ПО не запускается (даже ПЗУ-монитор)
(SFP) EN	горит зеленым	Модуль SFP обнаружен и успешно инициализирован
	горит оранжевым	Модуль SFP обнаружен, но не инициализирован
	не горит	Модуль SFP не обнаружен

1.4 Две конфигурации

Сразу следует отметить, что маршрутизаторы (и коммутаторы) Cisco хранят конфигурацию в двух специальных файлах:

1 `startup-config` – содержит загрузочную конфигурацию, то есть загружается при загрузке ОС.

2 `running-config` – содержит рабочую конфигурацию, то есть загрузочную конфигурацию с учетом текущих изменений вследствие введенных команд.

Также предусмотрен глобальный конфигурационный регистр, каждый бит которого «отвечает» за одну из глобальных настроек.

1.5 Структура

Как и в любой микро-ЭВМ, в структуре маршрутизатора произвольной сложности, в конечном счете, можно выделить три «строительных» блока: процессор, память и устройства ввода-вывода.

Ниже показаны маршрутизаторы, используемые в учебном процессе, со снятой верхней крышкой (рисунок 1.12).

В маршрутизаторах Cisco используют процессоры от ряда производителей с различными архитектурами – в большинстве случаев RISC. Так, в 2811 установлен процессор PMC-Sierra RM5261A (с архитектурой MIPS, одноядерный, широкого назначения, в связке с системным и коммуникационным контроллером Marvell Horizon MV96340) (рисунок 1.13), в 2901 – Cavium Octeon



Рисунок 1.12 – Виды внутри 2811, 2901, 4331 соответственно

Plus CN5220 (с архитектурой MIPS64, двухядерный, SoC) (рисунок 1.13), в 4331 – Intel Atom C2718 (с архитектурой Intel 64, восьмиядерный, SoC) (рисунок 1.13).

В свое время, специально для плана данных высокопроизводительной серии ASR 1000 была разработана перепрограммируемая микросхема ASIC под названием QFP (Quantum Flow Processor), которая обеспечивает поддержку многих расширенных возможностей третьего уровня без нанесения ущерба производительности. Что касается ISRs, виртуальные QFPs доступны в ISRs 4K.

В структуру ISRs G2 и ISRs 4K была включена дополнительная микросхема ASIC под общенным названием MGF (MultiGigabit Fabric, не путать с Multigigabit Ethernet). По сути, это интегрированный своеобразный управляемый коммутатор, который на втором (и на первом) уровне позволяет пересыпать данные между некоторыми модулями напрямую (минуя процессор).

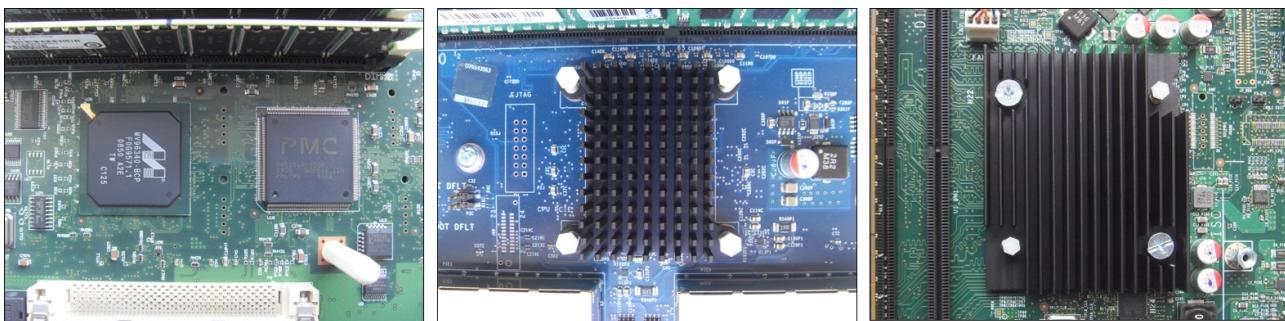


Рисунок 1.13 – Процессоры 2811 (справа), 2901, 4331 соответственно

В маршрутизаторах (и коммутаторах) Cisco задействованы четыре традиционные подсистемы памяти:

1 BootROM (не путать с boot ROM при удаленной загрузке) – загрузочное ПЗУ (в современных моделях технологически это flash), в котором хранится собственно первичный загрузчик, коим в данном случае является ROMMON.

2 NVRAM (Non-Volatile RAM) – энергонезависимое ОЗУ (технологически это EEPROM либо, в современных моделях, flash), в котором хранится загрузочная конфигурация, глобальный конфигурационный регистр.

3 Flash – ПЗУ-накопитель (технологически это flash с различными вариантами подключения), основным назначением которого является хранение образов ОС IOS, но можно использовать и для хранения пользовательских файлов.

4 DRAM – обычное ОЗУ (технологически вплоть до ECC DDR4 SDRAM), в котором «удерживается» исполняющаяся ОС IOS со всеми своими подсистемами, рабочая конфигурация, таблица маршрутизации, буферы пакетов, таблицы адресов (логически разбивается на main processor memory и shared input/output memory).

Следует четко различать названия и назначение перечисленных подсистем, не смотря на то, что в типовой схеме современных моделей подсистема NVRAM физически совмещена на одной flash-микросхеме с подсистемой BootROM либо Flash, причем с двумя вариантами отображения (как раздел либо как файл).

Ниже показан пример маршрутизатора Cisco (7100) с четко выраженным традиционными подсистемами памяти (рисунок 1.14) и показаны подсистемы памяти маршрутизаторов, используемых в учебном процессе (рисунки 1.15, 1.16).

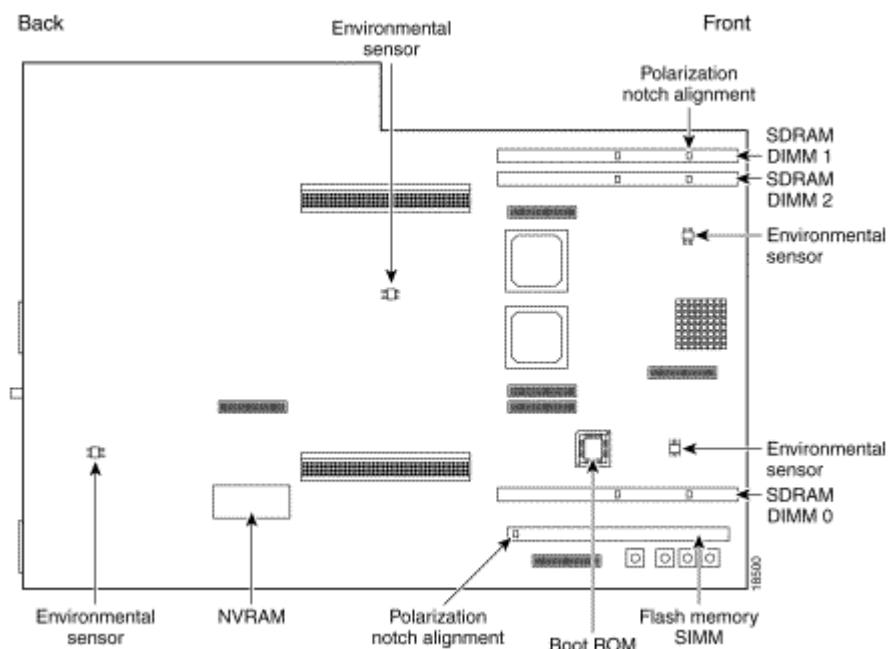


Рисунок 1.14 – Подсистемы памяти 7100 [Cisco]

Устройства ввода-вывода, в первую очередь, реализуют различные сетевые интерфейсы. Безусловно, особо следует выделить flash-устройства.

Собственно подсистема памяти Flash в 2811 и 2901 представлена картами CompactFlash (рисунок 1.17), а в 4331 – модулями eUSB со специфическими разъемами (рисунок 1.17).

Кроме того, можно подключать (вставлять) другие flash-накопители: 2811, 2901 и 4331 – USB, 4331 – mSATA и NIM.

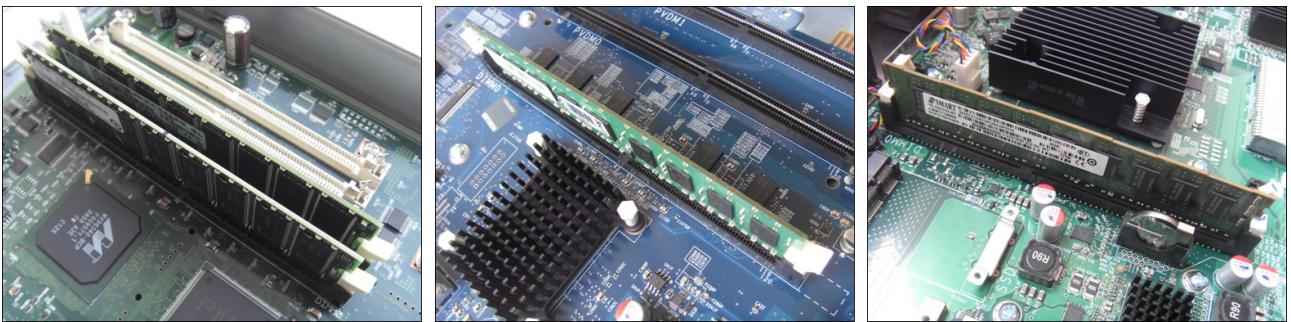


Рисунок 1.15 – DRAM 2811, 2901 (по умолчанию только on-board),
4331 соответственно



Рисунок 1.16 – On-board flash (не подсистема памяти Flash)
2811 (BootROM плюс NVRAM), 2901 (BootROM плюс NVRAM),
4331 (BootROM в двух микросхемах) соответственно

Официально поддерживаются только оригинальные flash-накопители (в отношении любых других компонентов политика аналогична).



Рисунок 1.17 – Карта CompactFlash и модуль eUSB соответственно

2 ОСНОВЫ CISCO IOS

Cisco Internetwork Operating System (IOS) относят к специализированным встраиваемым ОС. Основное назначение IOS заключается в предоставлении возможности конфигурирования маршрутизаторов и коммутаторов производства Cisco.

Наряду с собственно IOS, существуют еще отдельные линейки для некоторых высокопроизводительных платформ: IOS XE (ASRs и другие), IOS XR (CRSes, NCSes, ASRs и другие) и NX-OS (Nexus и другие). А также более или менее подобные IOS: ASA OS и AsyncOS для аппаратных сетевых экранов, AireOS и ClickOS для беспроводного оборудования.

Приблизительно с 2015 г. видна тенденция постепенного перехода к использованию IOS XE в качестве основной ОС. Это касается и ISRs (начиная с 4K и 1K). IOS XE базируется на ядре Linux (специальный демон IOSd эмулирует интерфейс IOS). Начиная с 2017 г. идет работа над Open IOS XE (отличается поддержкой программирования на языке Python и другими возможностями хостинга приложений).

Аналогичные IOS разработки имеют и другие компании (например, HPE). Хотя и конкуренты Cisco все чаще используют встраиваемый Linux.

Компания Cisco несколько раз изменяла версионный контроль и сопутствующую трактовку обозначений IOS (IOS XE). Под версией обычно понимают первые две цифры (разделены точкой) из полного обозначения релиза (как и записано в начале файла конфигурации).

В настоящее время наиболее актуальны следующие версии IOS для маршрутизаторов: 12.4 – для 2811 и других «современников» (по-прежнему), 15.X – для 2811, 2901 и других. И IOS XE для маршрутизаторов: 16.X – для 4331 и других.

Примеры полных обозначений релизов: 12.4(24)T8, 15.2(4)M11, 16.6.8. Соответствующие бинарные файлы-образы (по одному варианту из нескольких альтернативных): c2800nm-adipservicesk9-mz.124-24.T8.bin, c2900-universalk9-mz.SPA.152-4.M11.bin, isr4300-universalk9.16.06.08.SPA.bin.

Если не оговорено, то дальнейшее описание IOS подходит и к IOS XE.

Если не оговорено, то описание в этом разделе подходит и к коммутаторам, не смотря на примеры с маршрутизаторами.

2.1 Эмуляторы

При изучении IOS можно использовать два основных эмулятора: Cisco Packet Tracer (предназначен только для студентов сетевых академий Cisco) (рисунок 2.1) и GNS3 (freeware) (рисунок 2.2).

Для пользователей обоих эмуляторов написаны подробные руководства по работе. Packet Tracer имеет встроенное руководство, а GNS3 имеет руководство в виде отдельного файла .pdf.

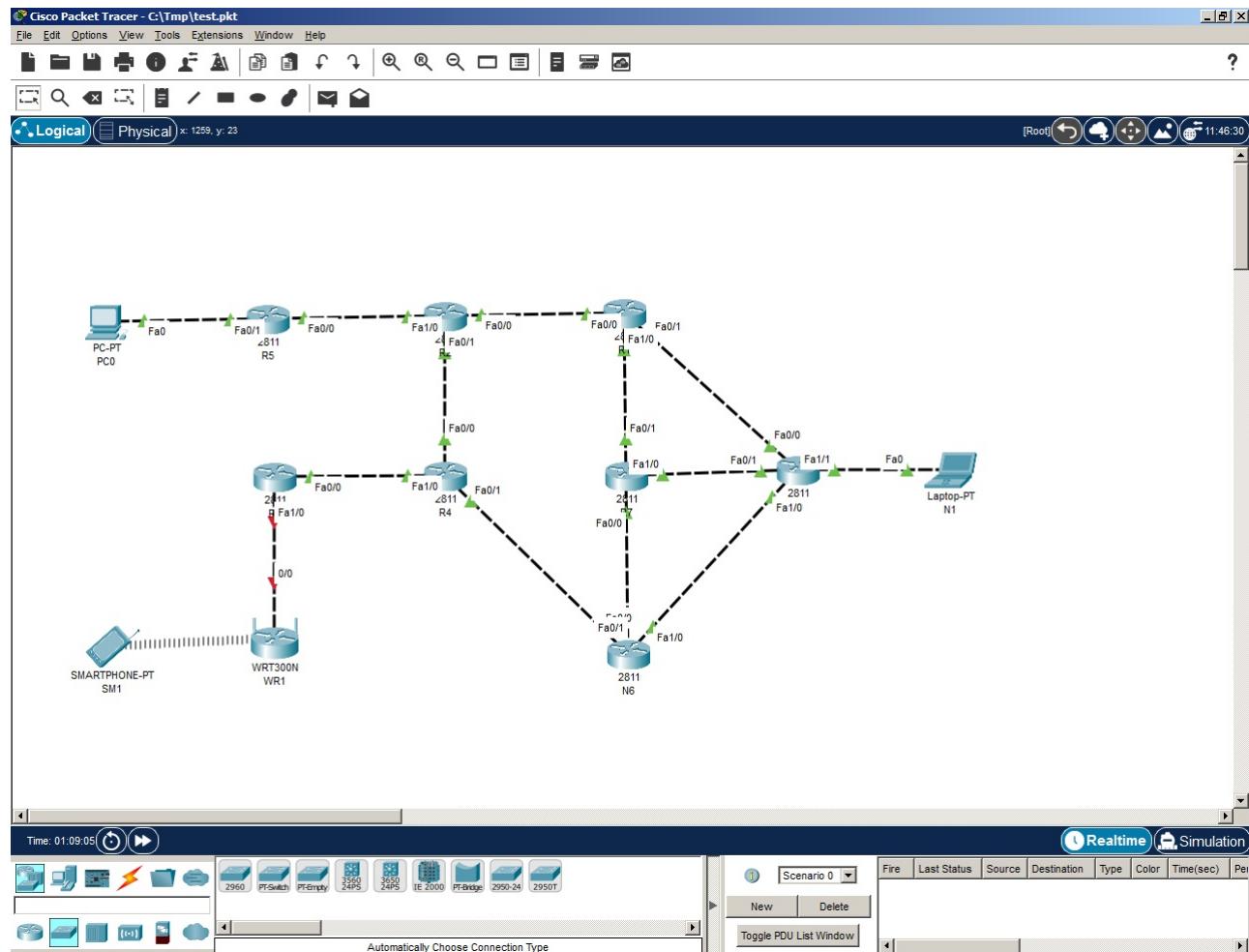


Рисунок 2.1 – Cisco Packet Tracer (версия 8.0.0)

2.2 Средства администрирования

Для получения доступа к возможностям IOS предусмотрены два основных средства и еще одно, которое считают перспективным:

- 1 Web-интерфейс.
 - 2 Интерфейс командной строки.

+3 ПО для устройств, поддерживающих архитектуру Cisco Digital Network Architecture (DNA).

Более старый web-интерфейс для ISR (включая 2811) и некоторых других линеек известен как Cisco Router and Security Device Manager (SDM), более новый – для ISR и ISR G2 (включая 2811 и 2901) – как Cisco Configuration Professional (CP) (рисунок 2.3). Кроме полного варианта CP существует еще облегченный – CP Express. Полный вариант устанавливают на удаленном

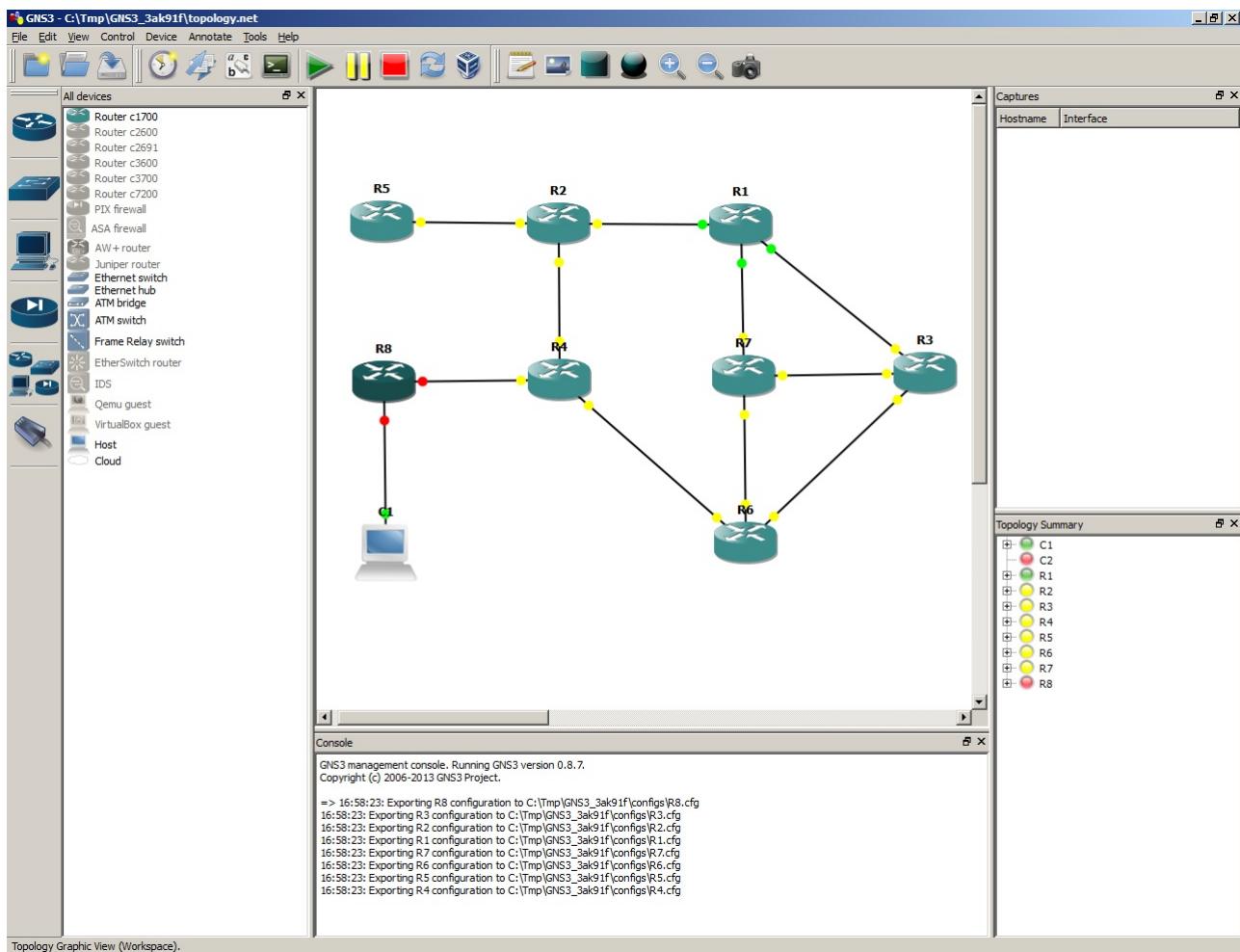


Рисунок 2.2 – GNS3 (версия 0.8.7)

устройстве администратора (отдельное web-приложение). Облегченный вариант устанавливают непосредственно на маршрутизаторе (дополнение к образу IOS). Web-интерфейс для ISRs 4K и некоторых других линеек – WebUI – интегрирован в IOS XE. Web-интерфейс почти не используют.

Cisco имеет собственный интерфейс командной строки – Cisco Command Line Interface (CLI) (рисунок 2.4). Вплоть до 2018 г. именно CLI компания позиционировала как основное средство профессионального конфигурирования маршрутизаторов и коммутаторов. Поэтому «зубрить» web-интерфейс перед экзаменами бессмысленно (правда, это не скажешь о web-интерфейсах аппаратных сетевых экранов и беспроводного оборудования).

А вот с 2018 г. активно продвигает концепцию сетей на основе потребностей (intent-based) в связке с архитектурой DNA. Основные идеи: ориентация на автоматическое распределение ресурсов под потребности, визуальное проектирование, автоматизация конфигурирования, переход от децентрализованного администрирования к централизованному (рисунок 2.5), максимальное применение виртуализации, ускорение «обратной связи» с сетью.

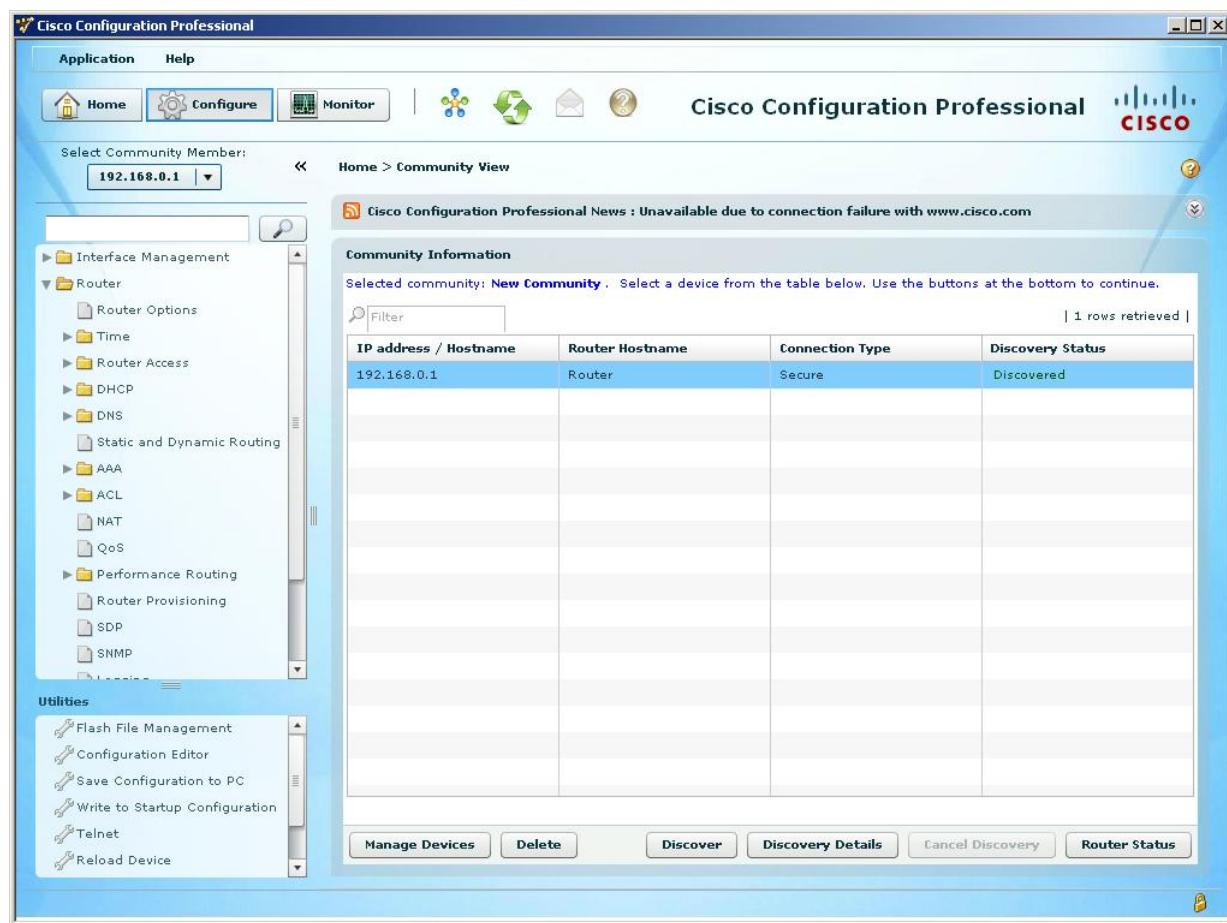


Рисунок 2.3 – Cisco CP

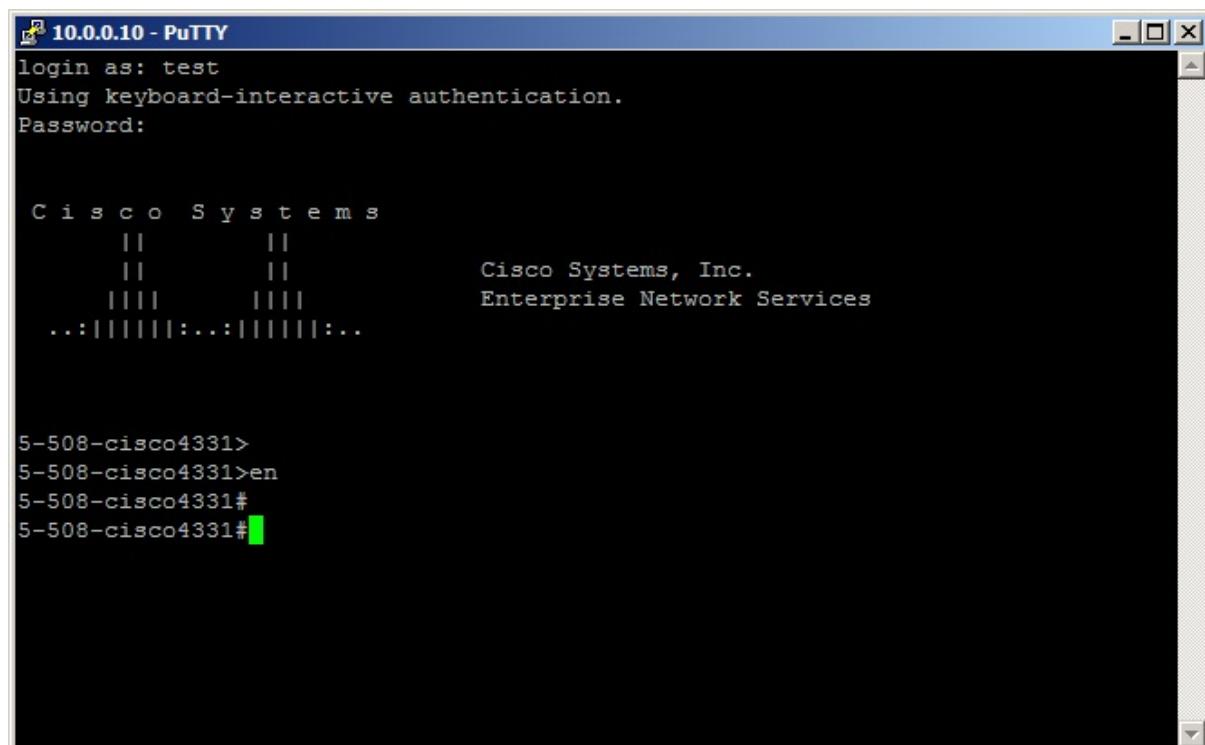


Рисунок 2.4 – Cisco CLI

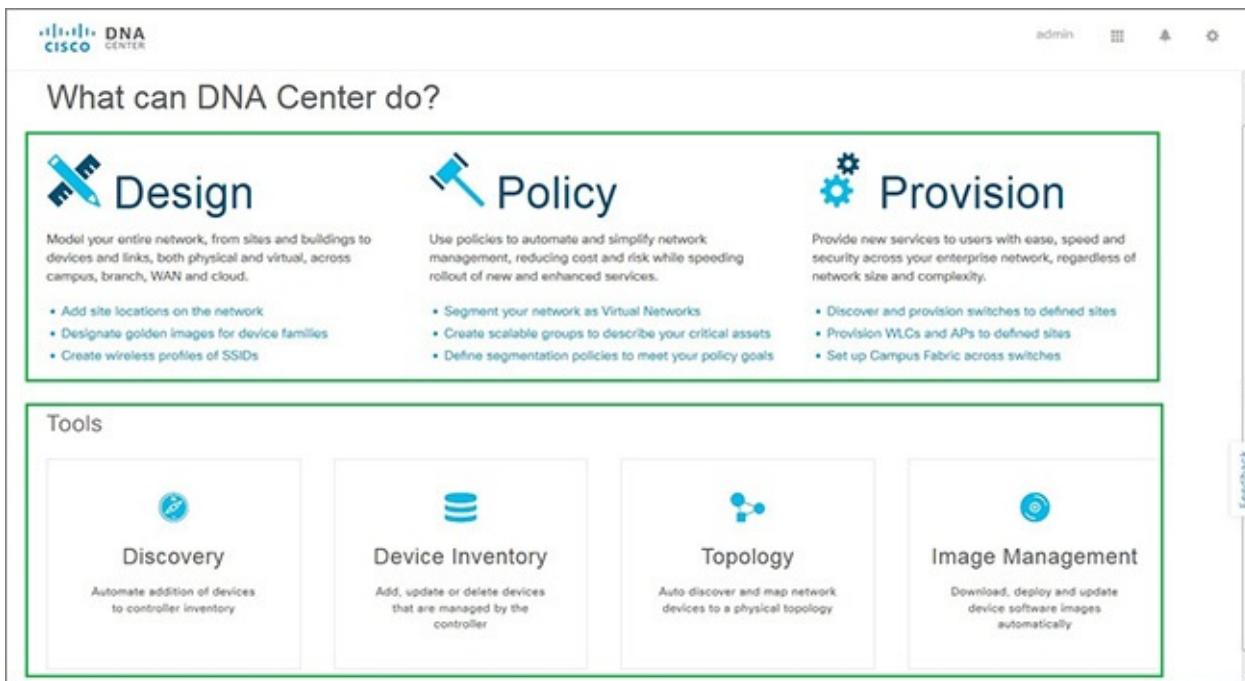


Рисунок 2.5 – Cisco DNA Center

Для первоначальной (опционально последующей) работы с CLI необходимо осуществить физическое подключение консоли, например ноутбука, посредством RS-232 (маршрутизатор либо коммутатор играет роль DTE) (рисунок 2.6). А также запустить и настроить терминальное ПО, например PuTTY (рисунок 2.7).

Применительно к новым моделям маршрутизаторов и коммутаторов возможно подключение терминала либо посредством RS-232, либо посредством USB (определяется автоматически при загрузке, USB имеет приоритет). Во втором случае необходима дополнительная установка драйвера для эмуляции классической консоли.

Отличия AUX-порта от CON-порта существенны. AUX-порт «пассивен» и предназначен для подключения со стороны телефонной линии. При этом, наличие предназначенных для аппаратного контроля потока электрических цепей RS-232 (а они в общем случае «разведены» по-разному) следует воспринимать в связке с ограничениями IOS.

Предусмотрена возможность непосредственного соединения маршрутизаторов Cisco по протоколу RS-232, единственным прикладным смыслом которого является администрирование одного маршрутизатора с другого (с помощью так называемого reverse Telnet). При этом нужен своеобразный кросс-кабель (Cisco rollover cable), один конец которого вставляют в CON-порт маршрутизатора, который будут администрировать, а другой – в AUX-порт маршрутизатора, с которого будут администрировать.

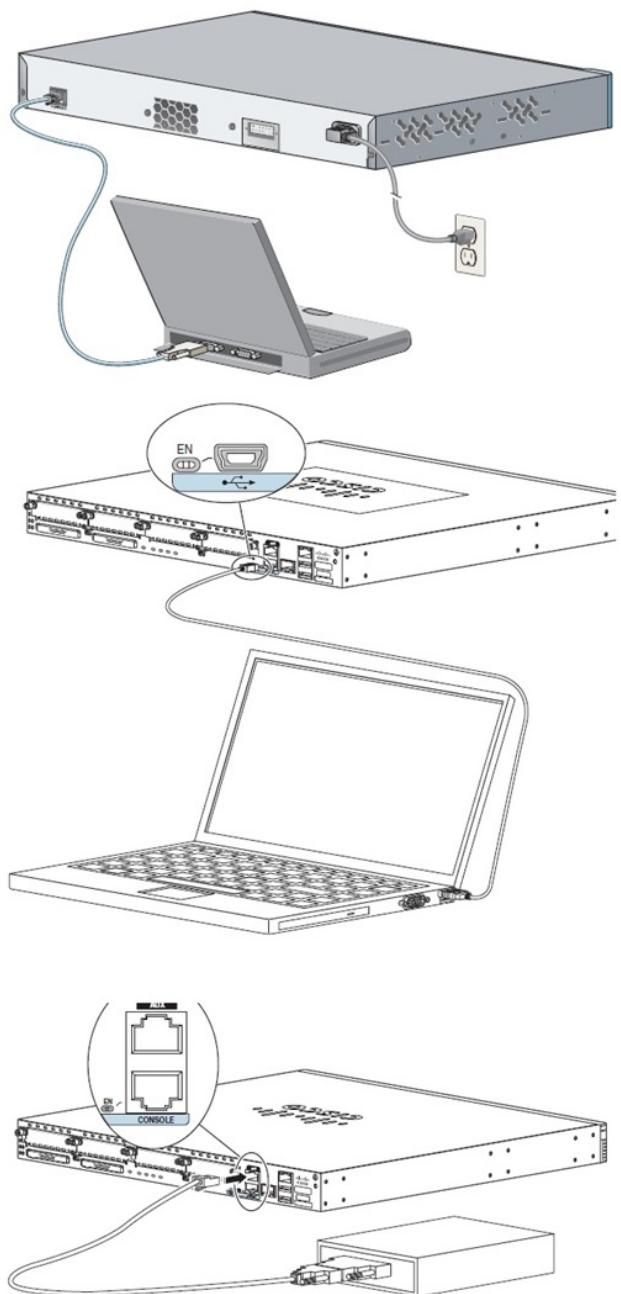


Рисунок 2.6 – Примеры физических подключений основных консолей (ноутбуки), резервной консоли (показан только модем) [Cisco] и соответствующие кабели

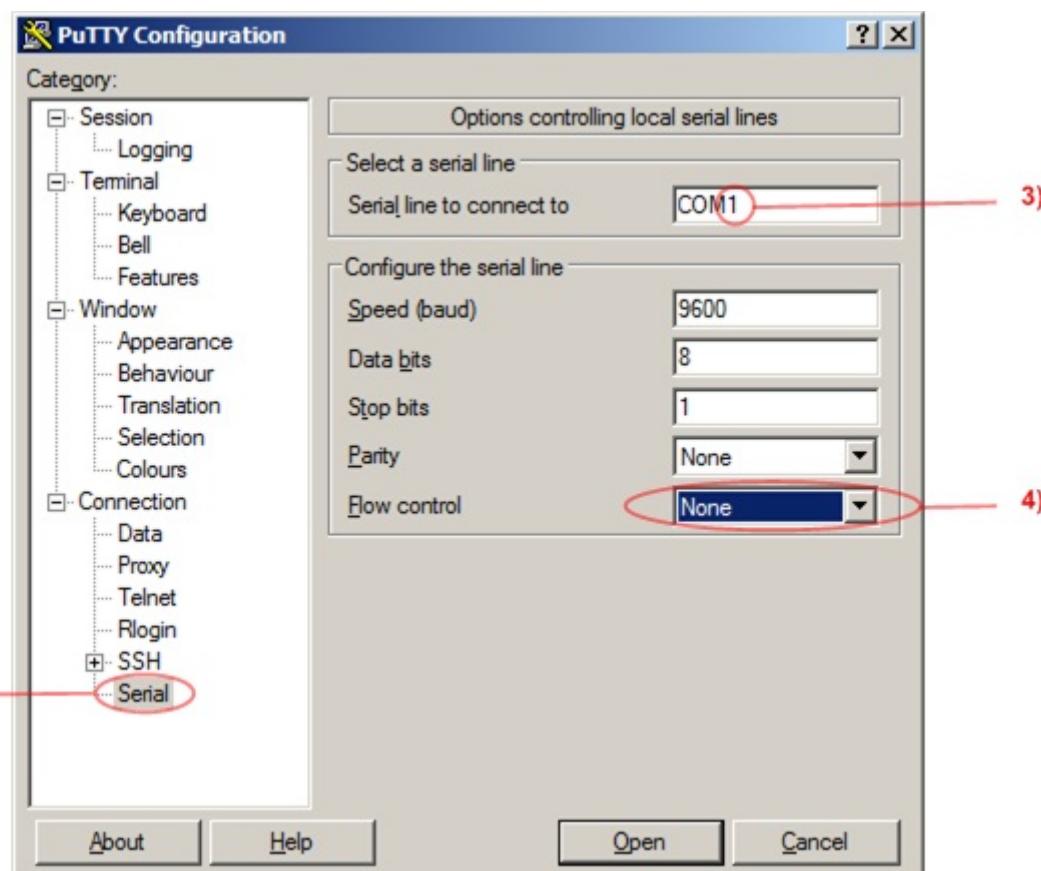
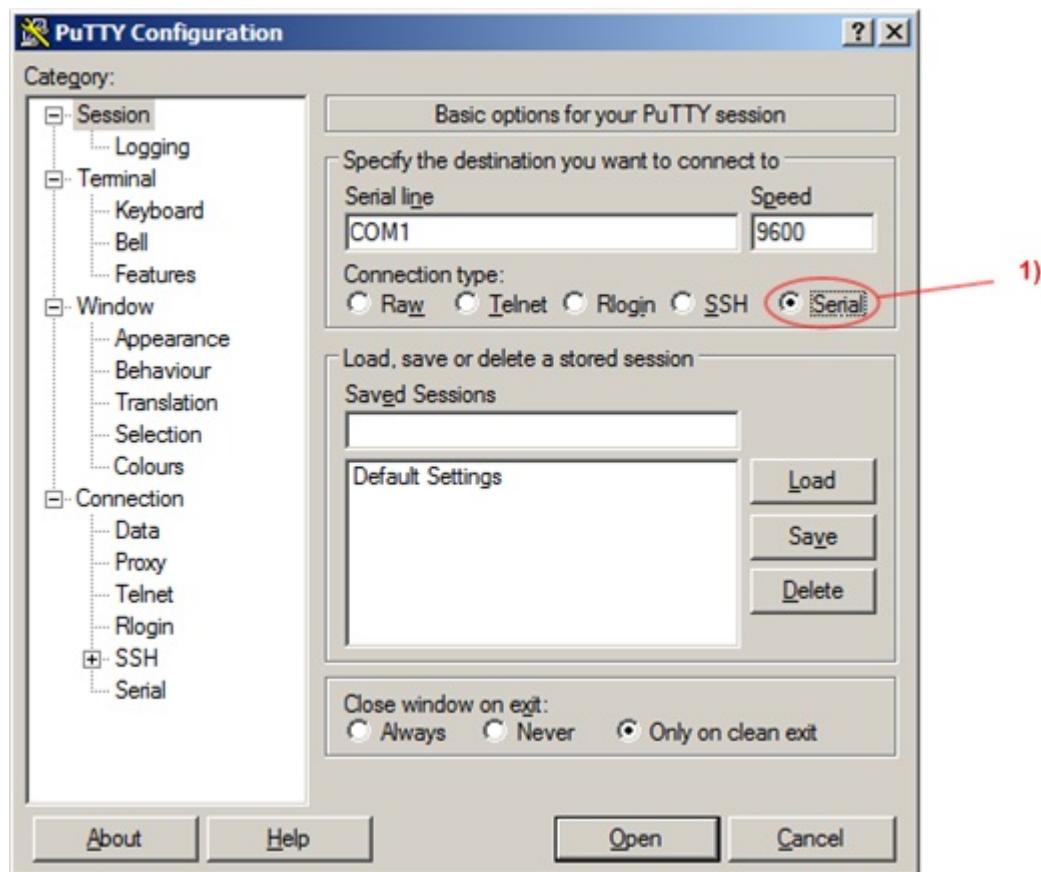


Рисунок 2.7 – Шаги настройки PuTTY

2.3 Загрузка

Последовательность загрузки:

1 После включения питания в первую очередь отрабатывает загрузчик bootstrap в составе ROMMON, который инициализирует аппаратные структуры загрузочной среды (регистры процессора, UART CON-порта, глобальный конфигурационный регистр), выполняет POST, инициализирует аппаратные подсистемы, инициализирует программные структуры загрузочной среды (переменные окружения и так далее).

2 Загрузчик bootstrap пытается найти бинарный образ IOS исходя из значения специальной строки в загрузочной конфигурации либо значения специальной переменной загрузочной среды BOOT (при желании, IOS можно загрузить например с внешнего USB-накопителя). Если значение не задано либо указанного образа не найдено, то загрузчик bootstrap пытается найти образ в подсистеме памяти Flash. Если образов несколько, то выбирается первый обнаруженный. Если образов нет вообще, то загрузчик bootstrap запускает интерпретатор командной строки (собственно ROMMON), который можно использовать для копирования образа в Flash (например, с внешнего TFTP-сервера). Если образ найден успешно, то загрузчик bootstrap загружает его в DRAM и передает ему управление.

3 Образ IOS распаковывается в DRAM и загружается, попутно инициализируя все необходимые программные и аппаратные структуры (например, назначает внутренние дескрипторы сетевым интерфейсам и распределяет буферы).

4 Выводится сообщение (только сообщение) о нажатии клавиши Enter (точнее, Return) для начала работы, загрузочная конфигурация переносится в рабочую, наконец, в случае нажатия клавиши Enter, появляется приглашение командной строки либо (если предусмотрено) запрос о входе в систему. Если загрузочная конфигурация по каким-либо причинам отсутствует, то, до сообщения о нажатии клавиши Enter для начала работы, появляется вопрос о том, стоит ли начинать конфигурационный диалог (автоустановку), на который всегда нужно отвечать отрицательно (вопрос может быть задан по-разному, даже перефразировано повторно), и загружается конфигурация по умолчанию (вместо загрузочной).

Процесс загрузки можно наблюдать только на основной консоли, если основная консоль подключена, что вовсе необязательно.

Пример загрузки IOS на 2901:

```
System Bootstrap, Version 15.0(1r)M16, RELEASE SOFTWARE (fc1)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 2012 by cisco Systems, Inc.
```

```
Total memory size = 512 MB - On-board = 512 MB, DIMM0 = 0 MB !Объем DRAM
CISCO2901/K9 platform with 524288 Kbytes of main memory
Main memory is configured to 72/-1(On-board/DIMM0) bit mode with ECC enabled
```

Readonly ROMMON initialized

program load complete, entry point: 0x80803000, size: 0x1b340
program load complete, entry point: 0x80803000, size: 0x1b340

IOS Image Load Test

Digitally Signed Release Software
program load complete, entry point: 0x81000000, size: 0x5f04408
Self decompressing the image : #####
... !Распаковка IOS
[OK]

Smart Init is enabled
smart init is sizing iomem

TYPE MEMORY_REQ
HWIC Slot 1 0x00200000
Onboard devices &
buffer pools 0x0228F000

TOTAL: 0x0248F000

Rounded IOMEM up to: 40Mb.
Using 7 percent iomem. [40Mb/512Mb]

Restricted Rights Legend

Use, duplication, or disclosure by the Government is subject to restrictions as set forth in subparagraph (c) of the Commercial Computer Software - Restricted Rights clause at FAR sec. 52.227-19 and subparagraph (c) (1) (ii) of the Rights in Technical Data and Computer Software clause at DFARS sec. 252.227-7013.

cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, California 95134-1706

Cisco IOS Software, C2900 Software (C2900-UNIVERSALK9-M), Version 15.2(4)M11, RELEASE SOFTWARE (fc2) !Релиз IOS

Technical Support: <http://www.cisco.com/techsupport>

Copyright (c) 1986-2016 by Cisco Systems, Inc.

Compiled Sun 16-Oct-16 09:48 by prod_rel_team

This product contains cryptographic features and is subject to United States and local country laws governing import, export, transfer and use. Delivery of Cisco cryptographic products does not imply third-party authority to import, export, distribute or use encryption. Importers, exporters, distributors and users are responsible for compliance with U.S. and local country laws. By using this product you agree to comply with applicable laws and regulations. If you are unable to comply with U.S. and local laws, return this product immediately.

A summary of U.S. laws governing Cisco cryptographic products may be found at:
<http://www.cisco.com/wwl/export/crypto/tool/stqrg.html>

If you require further assistance please contact us by sending email to export@cisco.com.

Installed image archive
Cisco CISCO2901/K9 (revision 1.0) with 483328K/40960K bytes of memory. !Модель и

```
!объем каждой из двух частей DRAM: main processor memory (до слеша) и shared  
!input/output memory (после слеша) -- в сумме общий объем DRAM  
Processor board ID FCZ173170NM  
2 Gigabit Ethernet interfaces  
2 Serial(sync/async) interfaces  
1 terminal line  
1 Virtual Private Network (VPN) Module  
DRAM configuration is 64 bits wide with parity enabled.  
255K bytes of non-volatile configuration memory. !Объем NVRAM  
250880K bytes of ATA System CompactFlash 0 (Read/Write) !Объем CompactFlash
```

--- System Configuration Dialog ---

Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: no

Press RETURN to get started!

```
*Jan 2 00:00:05.235: %IOS_LICENSE_IMAGE_APPLICATION-6-LICENSE_LEVEL: Module name = c2900 Next reboot level = ipbasek9 and License = ipbasek9  
*Jan 2 00:00:05.407: %IOS_LICENSE_IMAGE_APPLICATION-6-LICENSE_LEVEL: Module name = c2900 Next reboot level = securityk9 and License = securityk9  
... !Первые протоколируемые сообщения IOS  
*Jun 5 11:24:57.863: %SYS-5-RESTART: System restarted -- !дата и время уже  
!считаны с RTC  
Cisco IOS Software, C2900 Software (C2900-UNIVERSALK9-M), Version 15.2(4)M11, RELEASE SOFTWARE (fc2)  
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport  
Copyright (c) 1986-2016 by Cisco Systems, Inc.  
Compiled Sun 16-Oct-16 09:48 by prod_rel_team  
*Jun 5 11:24:57.907: %SNMP-5-COLDSTART: SNMP agent on host Router is undergoing  
a cold start  
...  
*Jun 5 11:24:58.539: %CRYPTO-6-GDOI_ON_OFF: GDOI is OFF  
Router> !Приглашение IOS (после нажатия Enter)  
Router>
```

Пример загрузки IOS XE на 4331:

Initializing Hardware ...

```
Checking for PCIe device presence...done  
System integrity status: 0x610  
Rom image verified correctly
```

```
System Bootstrap, Version 16.7(3r), RELEASE SOFTWARE  
Copyright (c) 1994-2017 by cisco Systems, Inc.
```

Current image running: Boot ROM0

```
Last reset cause: LocalSoft  
ISR4331/K9 platform with 4194304 Kbytes of main memory
```

.....

```
Located isr4300-universalk9.16.03.06.SPA.bin  
#####
...  
#####
```

Package header rev 1 structure detected

```
IsoSize = 459638343
Calculating SHA-1 hash...Validate package: SHA-1 hash:
calculated 5E64A8EB:E6E57A91:8CDDDB527:5427E572:1F70DA9B
expected    5E64A8EB:E6E57A91:8CDDDB527:5427E572:1F70DA9B
```

RSA Signed RELEASE Image Signature Verification Successful.
Image validated

Restricted Rights Legend

Use, duplication, or disclosure by the Government is subject to restrictions as set forth in subparagraph (c) of the Commercial Computer Software - Restricted Rights clause at FAR sec. 52.227-19 and subparagraph (c) (1) (ii) of the Rights in Technical Data and Computer Software clause at DFARS sec. 252.227-7013.

cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, California 95134-1706

Cisco IOS Software [Denali], ISR Software (X86_64_LINUX_IOSD-UNIVERSALK9-M), Version 16.3.6, RELEASE SOFTWARE (fc3)

Technical Support: <http://www.cisco.com/techsupport>

Copyright (c) 1986-2018 by Cisco Systems, Inc.

Compiled Wed 28-Feb-18 16:17 by mcpre

Cisco IOS-XE software, Copyright (c) 2005-2018 by cisco Systems, Inc.
All rights reserved. Certain components of Cisco IOS-XE software are
licensed under the GNU General Public License ("GPL") Version 2.0. The
software code licensed under GPL Version 2.0 is free software that comes
with ABSOLUTELY NO WARRANTY. You can redistribute and/or modify such
GPL code under the terms of GPL Version 2.0. For more details, see the
documentation or "License Notice" file accompanying the IOS-XE software,
or the applicable URL provided on the flyer accompanying the IOS-XE
software.

% Failed to initialize nvram ! Если нет загрузочной конфигурации

This product contains cryptographic features and is subject to United States and local country laws governing import, export, transfer and use. Delivery of Cisco cryptographic products does not imply third-party authority to import, export, distribute or use encryption. Importers, exporters, distributors and users are responsible for compliance with U.S. and local country laws. By using this product you agree to comply with applicable laws and regulations. If you are unable to comply with U.S. and local laws, return this product immediately.

A summary of U.S. laws governing Cisco cryptographic products may be found at:
<http://www.cisco.com/wlc/export/crypto/tool/stqrg.html>

If you require further assistance please contact us by sending email to export@cisco.com.

```
cisco ISR4331/K9 (1RU) processor with 1650898K/6147K bytes of memory. !
!      Модель           и          объем DRAM, выделенной для IOSd
Processor board ID FDO2207A15K
3 Gigabit Ethernet interfaces
32768K bytes of non-volatile configuration memory. !Объем NVRAM
4194304K bytes of physical memory. !Объем DRAM
3125247K bytes of flash memory at bootflash:. !Объем Flash
0K bytes of WebUI QDM Files at webui:
```

```
%INIT: waited 0 seconds for NVRAM to be available

--- System Configuration Dialog ---

Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: no

Press RETURN to get started!

*Apr 1 07:42:22.440: %SMART_LIC-6-AGENT_READY: Smart Agent for Licensing is initialized
*Apr 1 07:42:23.377: %IOS_LICENSE_IMAGE_APPLICATION-6-LICENSE_LEVEL: Module name = esg Next reboot level = securityk9 and License = securityk9
...
Cisco IOS Software [Denali], ISR Software (X86_64_LINUX_IOSD-UNIVERSALK9-M), Version 16.3.6, RELEASE SOFTWARE (fc3)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2018 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Wed 28-Feb-18 16:17 by mcpre
*Apr 1 07:42:40.212: %CRYPTO-6-ISAKMP_ON_OFF: ISAKMP is OFF
...
Router>
```

2.4 Режимы и команды

CLI может функционировать в одном из нескольких режимов, отличающихся назначением.

В начале каждого из руководств по IOS напечатана таблица режимов. Ниже приведен адаптированный перевод (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Режимы IOS

Режим	Вход в режим	Приглашение	Выход из режима	Назначение
1	2	3	4	5
Пользовательский исполнительский (User EXEC)	Сразу после входа в систему (log in)	Device> (где Device – название хоста)	После ввода команды logout либо exit (с выходом из системы)	Просмотр состояния системы, проверка связи, настройка терминала
Привилегированный исполнительский (Privileged EXEC)	После ввода в пользовательском исполнительском режиме команды enable	Device#	После ввода команды disable либо exit (с возвратом в пользовательский исполнительский режим)	Просмотр конфигурации, просмотр состояния и отладка различных подсистем, работа с файлами, перезагрузка
Глобальный конфигурационный (Global Configuration)	После ввода в привилегированном исполнительском режиме команды configure terminal	Device (config) #	После ввода команды exit либо end (с возвратом в привилегированный исполнительский режим)	Конфигурирование устройства

1	2	3	4	5
Режим конфигурирования интерфейса (Interface Configuration)	После ввода в глобальном конфигурационном режиме команды <code>interface</code> (с указанием интерфейса)	<code>Device(config-if) #</code>	После ввода команды <code>exit</code> (с возвратом в глобальный конфигурационный режим) либо <code>end</code> (с возвратом в привилегированный исполнительский режим)	Конфигурирование отдельного интерфейса
Режим конфигурирования линии (Line Configuration)	После ввода в глобальном конфигурационном режиме команды <code>line</code> (с указанием линии)	<code>Device(config-line) #</code>	После ввода команды <code>exit</code> (с возвратом в глобальный конфигурационный режим) либо <code>end</code> (с возвратом в привилегированный исполнительский режим)	Конфигурирование отдельной линии
ПЗУ-монитор (ROMMON)	После прерывания загрузки IOS нажатием комбинации клавиш Ctrl-Break	<code>rommon # ></code> (на маршрутизаторе, где <code>#</code> – номер введенной команды) либо <code>switch:</code> (на коммутаторе)	После ввода команды <code>reset</code> (с последующей перезагрузкой) либо <code>boot</code> (с последующей загрузкой IOS)	Диагностика и восстановление

Существуют и другие режимы, рассматриваемые при изучении конкретных возможностей IOS. Высокопроизводительные платформы имеют специфические режимы.

«Как ни странно», названия режимов отражают их назначения. Исполнительские режимы, в отличие от конфигурационных, не предназначены для изменения каких-либо параметров. Пользовательский исполнительский режим, в отличие от привилегированного, не может «нанести ущерб» или «выдать секретную информацию» (по аналогии с оригиналыми системами UNIX). Глобальный конфигурационный режим, в отличие от режима конфигурирования чего-либо, предназначен для изменения параметров всего устройства.

Канонические переходы между режимами можно сравнить с подъемами-спусками по ступенькам шаг за шагом, начиная с момента входа в систему (один режим – одна ступенька). Но иногда переходы можно ускорять, прыгая через ступеньки вниз или перепрыгивая на ступеньки других лестниц (минуя `exit`). Есть варианты кроме `end`. Если в режиме конфигурирования чего-либо ввести команду как будто находясь в глобальном конфигурационном режиме, то произойдет переход в глобальный конфигурационный режим (и команда выполнится). Если в режиме конфигурирования чего-либо ввести команду перехода в другой режим конфигурирования чего-либо, то произойдет переход в целевой режим.

По приглашению (prompt) можно определить текущий режим.

Команды IOS в большинстве своем комплексные, а значит требуют наличия аргументов при их вводе.

IOS не различает строчные и прописные буквы при вводе команд, но это правило не распространяется на значения некоторых аргументов (например, паролей).

Каждая команда предназначена для определенного режима (режимов), поэтому понимание смысла режимов позволяет легко соотносить с ними команды. Некоторые команды в разных режимах имеют разные наборы аргументов.

В любом из режимов командой `help` можно запросить помощь.

С помощью `?` можно запросить список всех доступных команд либо вариантов подстановки их аргументов (`context sensitive help`).

Часть команд скрыта (обычно скрыты нерекомендуемые команды, например, вместо «неправильной» команды `write`, нужно вводить `copy running-config startup-config`).

Также в CLI заложено несколько вариантов получения подсказок при вводе команд:

1 Подсказка о неоднозначной команде.

2 Подсказка о неполной команде.

3 Подсказка о неправильной команде.

После ввода некоторых команд сразу выводятся комментарии об их использовании.

Примеры команд IOS:

```
Router#configure ?
  confirm          Confirm replacement of running-config with a new config
                   file
  memory           Configure from NV memory
  network          Configure from a TFTP network host
  overwrite-network Overwrite NV memory from TFTP network host
  replace           Replace the running-config with a new config file
  revert            Parameters for reverting the configuration
  terminal          Configure from the terminal
<cr>

Router(config)#i
% Ambiguous command:  "i"

Router#clock set
% Incomplete command.

Router#configute terminal
^
% Invalid input detected at '^' marker.
```

Одним из востребованных удобств CLI является возможность сокращения команд при их вводе, но нужно помнить об однозначности интерпретации.

Команда-префикс `do` позволяет в конфигурационном режиме выполнить команду, предназначенную для исполнительского режима (есть исключения, например, в некоторых версиях нельзя выполнить команду `copy`).

Аргумент-префикс `no` позволяет придать «инверсный» смысл некоторой команде в соответствующей ситуации (есть исключения, например, вместо `no debug` есть `undebug`).

Примеры команд IOS:

```
Router>en
Router#
Router(config)#do show running-config
Router(config-if)#no ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
```

Поддерживаются горячие клавиши. Наиболее востребованные из них:

- Tab – автодополнение сокращенного варианта вводимой команды до полного варианта, если команда однозначна;
- Ctrl-C – безусловный «выход» из текущей команды либо безусловное возвращение из любого конфигурационного режима в привилегированный исполнительский;
- Ctrl-Z – безусловное возвращение из любого конфигурационного режима в привилегированный исполнительский;
- Ctrl-Shift-6 (именно 6) – прерывание процесса IOS при «зависшей» команде;
- Up Arrow (равно Ctrl-P) в связке с Down Arrow – обращение к «истории» команд;
- Space, Enter – соответственно поэкранное либо построчное «пролистывание» (любая буква или цифра прерывает «пролистывание»).

При базовой настройке маршрутизатора либо коммутатора предполагается задание правильного времени. Время может быть «программным» (software clock) и «аппаратным» (hardware clock). Для работы со временем используют команды `clock` и `calendar` соответственно (`clock` с некоторыми аргументами и `calendar`, возможно не вполне логично, но целенаправленно отнесены к привилегированному исполнительскому режиму). Следует учитывать, что относительно дешевые модели маршрутизаторов и коммутаторов могут не иметь аппаратной подсистемы реального времени. В любом случае наиболее правильно включать синхронизацию времени по протоколу NTP. В IOS XE «аппаратное» время неотделимо от «программного» (команды `calendar` нет).

Примеры команд IOS:

```
Router(config)#clock timezone C +3 !общепринятое название
Router(config)#no clock summer-time
```

```
Router#clock set 19:29:00 15 May 2020
```

```
Router#calendar set 19:32:00 15 May 2020
```

```
Router(config)#ntp server 78.62.132.20
```

```
Router#clock read-calendar
```

```
Router#clock update-calendar  
Router(config)#ntp update-calendar
```

Название хоста можно изменить командой `hostname` (видно в приглашении командной строки). По умолчанию маршрутизаторы Cisco имеют название `Router`, коммутаторы – `Switch`.

Примеры команд IOS:

```
Router(config)#hostname 5-207-R1  
5-207-R1(config) #
```

Для обеспечения возможности работы IOS с файловыми ресурсами разработана собственная файловая система Cisco IOS File System (IFS), включающая три подсистемы: `network file systems`, `special file systems`, `storage file systems`.

В основу современных IFSes положены FAT16 (IOS) и ext2 (IOS XE). Не смотря на давно декларируемую поддержку FAT32, при внешнем форматировании USB-накопителей лучше всего выбирать FAT16 (IOS XE поддерживает).

Для обращения к локальным или удаленным файловым ресурсам используют специальные префиксы.

Пример состояния файловых систем, доступных на 2811:

```
Router#show file systems  
File Systems:  


| Size (b) | Free (b) | Type    | Flags | Prefixes   |
|----------|----------|---------|-------|------------|
| -        | -        | opaque  | rw    | archive:   |
| -        | -        | opaque  | rw    | system:    |
| -        | -        | opaque  | rw    | tmpsys:    |
| -        | -        | opaque  | rw    | null:      |
| -        | -        | network | rw    | tftp:      |
| *        | 64004096 | 6225920 | disk  | rw flash:# |



!Символ * указывает текущий раздел по умолчанию,  
!символ # указывает «загрузочный» раздел (предполагается наличие образа IOS)


```

245752	240580	nvram	rw	nvram:
-	-	opaque	wo	syslog:
-	-	opaque	rw	xmodem:
-	-	opaque	rw	ymodem:
-	-	network	rw	rcp:
-	-	network	rw	pram:
-	-	network	rw	http:
-	-	network	rw	ftp:
-	-	network	rw	scp:
-	-	opaque	ro	tar:
-	-	network	rw	https:
-	-	opaque	ro	cns:

Пример состояния файловых систем, доступных на 2901:

```
Router#show file systems  
File Systems:
```

	Size (b)	Free (b)	Type	Flags	Prefixes
*	256487424	145817600	opaque	rw	archive:
	-	-	opaque	rw	system:
	-	-	opaque	rw	tmpsys:
	-	-	opaque	rw	null:
	-	-	network	rw	tftp:
	262136	246314	disk	rw	<u>flash0:</u> flash:# !Псевдоним
	-	-	disk	rw	flash1:
	-	-	nvram	rw	nvram:
	-	-	opaque	wo	syslog:
	-	-	opaque	rw	xmodem:
	-	-	opaque	rw	ymodem:
	-	-	network	rw	rcp:
	-	-	network	rw	http:
	-	-	network	rw	ftp:
	-	-	network	rw	scp:
	-	-	opaque	ro	tar:
	-	-	network	rw	https:
	-	-	opaque	ro	cns:
	-	-	opaque	rw	security:
	4009426944	3755933696	usbflash	rw	<u>usbflash0:</u> !Если вставлен USB-накопитель

Пример состояния файловых систем, доступных на 4331:

```
Router#show file systems
File Systems:
```

	Size (b)	Free (b)	Type	Flags	Prefixes
*	3174936576	2461196288	opaque	rw	system:
	1711288320	1636982784	opaque	rw	tmpsys:
	-	-	disk	rw	<u>bootflash:</u> flash:# !Псевдоним
	-	-	disk	ro	<u>webui:</u> !Web-интерфейс
	-	-	opaque	rw	null:
	-	-	opaque	ro	tar:
	-	-	network	rw	tftp:
	-	-	opaque	wo	syslog:
	33554432	33535390	nvram	rw	nvram:
	-	-	network	rw	rcp:
	-	-	network	rw	ftp:
	-	-	network	rw	http:
	-	-	network	rw	scp:
	-	-	network	rw	https:
	-	-	opaque	ro	cns:

На накопителях могут существовать и скрытые разделы специального назначения (например, может быть создан раздел с диагностическим образом, доступ к которому автоматически открывается после сбоя IOS).

Основные команды для работы с файлами:

- cd – сменить каталог;
- copy – скопировать файл либо каталог;
- delete – удалить файл;
- dir – вывести на экран содержимое текущего каталога;
- erase – удалить все файлы и каталоги из файловой системы;
- format – отформатировать файловую систему;

- `mkdir` – создать каталог;
- `more` – вывести на экран содержимое файла;
- `pwd` – вывести на экран название текущего каталога;
- `rename` – переименовать файл либо каталог;
- `rmdir` – удалить каталог.

Текущим каталогом по умолчанию является `flash:`.

Примеры команд IOS:

```
Router#copy startup-config ftp://myuser:mypassword@192.168.11.11/backup-
config.cfg
```

```
Router#delete usbflash0:yourname-config
```

```
Router#dir
```

```
Directory of flash0:/
```

```
1 drw- 0 Mar 26 2021 17:06:06 +00:00 ccpexpr !Web-
242 -rw- 2464 Mar 26 2021 17:08:02 +00:00 home.shtml !интерфейс
243 -rw- 99633216 Mar 26 2021 17:11:00 +00:00 c2900-universalk9-mz.SPA.1
```

52-4.M11.bin !Образ IOS

```
256487424 bytes total (154398720 bytes free)
```

```
Router#dir nvram:
```

```
Directory of nvram:/
```

```
253 -rw- 1617 <no date> startup-config
254 ---- 5 <no date> private-config
255 -rw- 1617 <no date> underlying-config
1 -rw- 2945 <no date> cwmp_inventory
4 ---- 0 <no date> rf_cold_starts
5 ---- 94 <no date> persistent-data
6 -rw- 559 <no date> IOS-Self-Sig#1.cer
7 -rw- 17 <no date> ecfm_ieee_mib
```

```
262136 bytes total (253294 bytes free)
```

```
4331#dir
```

```
Directory of bootflash:/
```

```
11 drwx 16384 Sep 9 2020 14:13:23 +03:00 lost+found
114241 drwx 4096 Oct 2 2020 14:31:59 +03:00 .prst_sync
8161 drwx 4096 Oct 2 2020 14:29:56 +03:00 .installer
12 -rw- 552833824 Sep 9 2020 14:16:07 +03:00 isr4300-universalk9.1
```

6.06.07.SPA.bin !Образ IOS XE

```
89761 drwx 4096 Sep 9 2020 14:33:26 +03:00 core
40801 drwx 4096 Sep 9 2020 14:31:30 +03:00 .rollback_timer
13 -rw- 0 Sep 9 2020 14:31:45 +03:00 tracelogs.Nrt
73441 drwx 20480 Oct 8 2020 14:52:27 +03:00 tracelogs
14 -rw- 30 Oct 2 2020 14:32:00 +03:00 throughput_monitor_pa
rams
```

```
3174936576 bytes total (2461057024 bytes free)
```

Команды комплекса cron позволяют создать скрипт из команд и выполнять его по расписанию.

Для программной перезагрузки маршрутизатора либо коммутатора используют команду `reload`.

Не нужно забывать сохранять рабочую конфигурацию. Предварительно сохраненную на ПК конфигурацию можно вносить и методом «copy-paste». Конфигурация зависит от версии. Следовательно, файлы конфигурации совместимы «с точностью» до версии.

Примеры команд IOS:

```
Router#copy running-config startup-config
```

Для просмотра состояния различных подсистем IOS используют комплексную команду `show`. Основные варианты при знакомстве с IOS:

- `show running-config`, `show startup-config` – вывести на экран конфигурацию;
- `show interfaces` – вывести на экран подробное состояние всех сетевых интерфейсов (без аргументов) либо отдельно взятого интерфейса (если он указан);
- `show line` – вывести на экран состояние всех линий (без аргументов) либо подробное состояние отдельно взятой линии (если она указана);
- `show version` – вывести на экран общую информацию об IOS и маршрутизаторе либо коммутаторе;
- `show processes` – вывести на экран подробную информацию о процессах;
- `show diag`, `show platform` – вывести на экран подробную информацию об оборудовании;
- `show inventory` – вывести на экран подробную информацию о заменяемых частях (так называемых field replacement units).

Примеры команд IOS:

```
Router#show running-config
Building configuration...

Current configuration : 2133 bytes
!
! Last configuration change at 17:47:09 UTC Mon Nov 23 2020 by admin
! Когда и кем (если вход в систему был осуществлен под именем созданного
! пользователя) рабочая конфигурация была изменена последний раз
! NVRAM config last updated at 17:52:36 UTC Mon Nov 23 2020 by admin
! Когда и кем загрузочная конфигурация была обновлена последний раз
! NVRAM config last updated at 17:52:36 UTC Mon Nov 23 2020 by admin
version 15.2
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname Router
!
boot-start-marker
boot-end-marker
```

```

!
...
!
no aaa new-model
!
ip cef
!
...
!
no ipv6 cef
!
multilink bundle-name authenticated
!
...
!
license udi pid CISCO2901/K9 sn FCZ173170NM
!
...
!
redundancy
!
...
!

interface Embedded-Service-Engine0/0
  no ip address
  shutdown
!
interface GigabitEthernet0/0
  ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
  duplex auto
  speed auto
!
interface GigabitEthernet0/1
  no ip address
  shutdown
  duplex auto
  speed auto
!
interface Serial0/1/0
  no ip address
  shutdown
  clock rate 2000000
!
interface Serial0/1/1
  no ip address
  shutdown
  clock rate 2000000
!
ip forward-protocol nd
!
no ip http server
no ip http secure-server
!
...
!
control-plane
!
...
!
line con 0
line aux 0

```

```

line 2
no activation-character
no exec
transport preferred none
transport output pad telnet rlogin lapb-ta mop udptn v120 ssh
stopbits 1
line vty 0 4
login
transport input all
!
scheduler allocate 20000 1000
!
end

```

Видно, что конфигурация состоит из секций и основное наполнение конфигурации – это команды. Команды выглядят точно так же, как при вводе с клавиатуры, но отсортированы в правильном, исходя из последовательности их выполнения, порядке. Строки, начинающиеся с восклицательных знаков, IOS игнорирует (поэтому таким образом в примеры вписаны комментарии, даже если синтаксически комментариев там быть не может).

```

Router#show version
Cisco IOS Software, C2900 Software (C2900-UNIVERSALK9-M), Version 15.2(4)M11, RELEASE SOFTWARE (fc2)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2016 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Sun 16-Oct-16 09:48 by prod_rel_team

```

ROM: System Bootstrap, Version 15.0(1r)M16, RELEASE SOFTWARE (fc1)

Router uptime is 5 days, 1 hour, 16 minutes
System returned to ROM by power-on
System image file is "flash0:c2900-universalk9-mz.SPA.152-4.M11.bin"
Last reload type: Normal Reload
Last reload reason: power-on

This product contains cryptographic features and is subject to United
...
export@cisco.com.

Cisco CISCO2901/K9 (revision 1.0) with 483328K/40960K bytes of memory.
Processor board ID FCZ173170NM
2 Gigabit Ethernet interfaces
2 Serial(sync/async) interfaces
1 terminal line
1 Virtual Private Network (VPN) Module
DRAM configuration is 64 bits wide with parity enabled.
255K bytes of non-volatile configuration memory.
250880K bytes of ATA System CompactFlash 0 (Read/Write)

License Info:

License UDI:

```
-----
Device#    PID          SN
-----
*0        CISCO2901/K9      FCZ173170NM
```

```
Technology Package License Information for Module:'c2900'
```

Technology	Technology-package Current	Type	Technology-package Next reboot
ipbase	ipbasek9	Permanent	ipbasek9
security	securityk9	Permanent	securityk9
uc	None	None	None
data	None	None	None

Configuration register is 0x2102 !Значение глобального конфигурационного регистра

Видно, что show version во многом повторяет сообщения при загрузке.

```
Router#show processes
CPU utilization for five seconds: 33%/10%; one minute: 7%; five minutes: 4%
 PID QTy      PC Runtime (ms)   Invoked   uSecs   Stacks TTY Process
  1 Cwe 30011D40        1408       10775     130 5172/6000    0 Chunk Manager
  2 Csp 30FB6A80        165716      4712169      35 2460/3000    0 Load Meter
 ...
 419 Mwe 32AA6190        47188     23750772      1 6504/12000    0 NTP
```

```
Router#show inventory
NAME: "CISCO2901/K9", DESC: "CISCO2901/K9 chassis, Hw Serial#: FCZ173170NM, Hw
Revision: 1.0"
PID: CISCO2901/K9      , VID: V06 , SN: FCZ173170NM

NAME: "WAN Interface Card - HWIC Serial 2T on Slot 0 SubSlot 1", DESC: "WAN Int
erface Card - HWIC Serial 2T"
PID: HWIC-2T          , VID: V05 , SN: FOC17216V1C

NAME: "C1941/C2901 AC Power Supply", DESC: "C1941/C2901 AC Power Supply"
PID: PWR-1941-2901-AC , VID:     , SN:
```

С помощью | можно включать фильтры.

```
Router#show interfaces | include MTU !С учетом регистра
MTU 1500 bytes, BW 10000 Kbit/sec, DLY 1000 usec,
MTU 1500 bytes, BW 1000000 Kbit/sec, DLY 10 usec,
MTU 1500 bytes, BW 1000000 Kbit/sec, DLY 10 usec,
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit/sec, DLY 20000 usec,
```

Для включения отладки различных подсистем IOS, то есть для вывода на экран подробной информации об их состоянии в динамике, используют различные варианты комплексной команды debug. Отключение осуществляют соответствующими вариантами команды undebug либо глобально командой undebug all. Универсальная попакетная отладка типа tcpdump в собственно IOS не поддерживается, но поддерживается в IOS XE (packet trace). В IOS XE также встроен Wireshark (с совместимыми файлами .cap).

Примеры команд IOS:

```
Router#monitor capture EXAMPLE-WIRESHARK interface gi0/0/0 out
Router#monitor capture EXAMPLE-WIRESHARK start
...
Router#monitor capture EXAMPLE-WIRESHARK stop
```

2.5 Сетевые интерфейсы

Все сетевые интерфейсы (физические и логические, аппаратные и программные, реальные и виртуальные), применительно к которым возможно конфигурирование, Cisco разделяет на два типа: L2 и L3.

Одной из самых важных особенностей оборудования Cisco (даже относительно дешевого) является возможность преобразования L2 и L3-интерфейсов друг в друга.

Сетевые интерфейсы коммутаторов по умолчанию являются L2-интерфейсами и по умолчанию административно включены (*administratively up*), а сетевые интерфейсы маршрутизаторов по умолчанию являются L3-интерфейсами и по умолчанию административно выключены (*administratively down*).

Для конфигурирования L2-интерфейсов, точнее, всего что относится ко второму уровню в L2-интерфейсах, предназначена лишь одна команда, но очень «развесистая» – *switchport*.

Вариант *no switchport* (без аргументов), доступный на гибридных коммутаторах, позволяет преобразовать L2-интерфейс в почти полноценный L3-интерфейс (с некоторыми ограничениями) – так называемый маршрутизационный порт (*routed port*).

Вариант *switchport* (без аргументов), доступный на гибридных маршрутизаторах (ISRs таковыми не являются, позволяет преобразовать L3-интерфейс в полноценный L2-интерфейс (бывает востребовано).

Обратные преобразования возможны и их позволяет выполнить инверсный вариант данной команды.

Как L2-, так и L3-интерфейсы, кроме всего прочего, обладают еще физическими параметрами, которые конфигурируют отдельным набором команд.

Cisco Loopback – это сугубо программный L3-интерфейс, как правило используемый для отладки. Создается автоматически при первом «обращении» (например, *interface lo0*) и может быть удален. После создания сразу административно включается, хотя может быть и административно выключен.

Cisco Null – это так же сугубо программный L3-интерфейс, как правило используемый для устранения маршрутизационных циклов. Никогда не принимает и не передает пакеты.

Правила именования сетевых интерфейсов учитывают их тип (символы) и физическое расположение (цифры через слеши). Обобщенно это выглядит так:

type slot/subslot/port – для маршрутизаторов,
type switch/slot/port – для коммутаторов.

Основные типы: Ethernet, FastEthernet, GigabitEthernet, TenGigabitEthernet, Serial. Остальные типы Ethernet: TwoGigabitEthernet (2,5 Gb/s), FiveGigabitEthernet, TwentyFiveGigE, FortyGigabitEthernet, HundredGigE.

Названия интерфейсов при вводе обычно сокращают (по общим правилам), причем можно не вводить и разделяющие пробелы (например, GigabitEthernet 0/0 равно gi0/0).

Слот обобщенно соответствует модулю. Должен быть учтен номер коммутатора в стеке.

Нумерацию интерфейсов маршрутизаторов как правило начинают с нуля, а коммутаторов – с единицы (если коммутатор не является модулем маршрутизатора).

Можно конфигурировать сразу несколько интерфейсов – перечислив (запятые, в качестве тире символы –, опционально пробелы) с помощью макро range (свойственно коммутаторам).

Для однозначности трактовки, слоты (подслоты) для модулей и физические порты всегда надписаны. Смотря на надписи (которые кстати обычно в совершенно другом формате) легко вычислять названия интерфейсов в IOS. И наоборот, зная названия легко находить соответствующие физические порты.

Примеры команд IOS:

```
Router#show interfaces gi0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Hardware is CN Gigabit Ethernet, address is a80c.0d99.7578 (bia a80c.0d99.7578)
)
  Internet address is 192.168.0.1/24
  MTU 1500 bytes, BW 1000000 Kbit/sec, DLY 10 usec,
    reliability 255/255, txload 1/255, rxload 1/255
  Encapsulation ARPA, loopback not set
  Keepalive not set
  Full Duplex, 1Gbps, media type is RJ45
  output flow-control is unsupported, input flow-control is unsupported
  ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
  Last input 00:00:00, output 00:00:00, output hang never
  Last clearing of "show interface" counters never
  Input queue: 0/75/0/4703 (size/max/drops/flushes); Total output drops: 79
  Queueing strategy: fifo
  Output queue: 0/40 (size/max)
  5 minute input rate 112000 bits/sec, 105 packets/sec
  5 minute output rate 1370000 bits/sec, 154 packets/sec
    2062074201 packets input, 2896360236 bytes, 54 no buffer
    Received 14957612 broadcasts (0 IP multicasts)
    0 runts, 0 giants, 2 throttles
    733866 input errors, 0 CRC, 0 frame, 733866 overrun, 0 ignored
    0 watchdog, 0 multicast, 0 pause input
    3785517553 packets output, 1052468891 bytes, 0 underruns
    0 output errors, 0 collisions, 0 interface resets
    0 unknown protocol drops
    0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
```

```
3 lost carrier, 0 no carrier, 0 pause output
0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

Команда `mac-address` позволяет административно заменить `bia`, то есть `Burned-In (MAC) Address`.

Сетевые интерфейсы, предназначенные для подключения терминалов, Cisco выделяет в особую группу под названием «линии» (`lines`). Для линий предусмотрен собственный конфигурационный режим.

Основная и резервная консоли представляют собой два типа аппаратных терминалов (`CTY` и `AUX`, обобщенно `TTYs` – как в `UNIX`) и соответствуют линиям `con 0` и `aux 0`. Эти линии создаются по умолчанию и удалить их невозможно.

Для работы по протоколам `Telnet` или `SSH` нужны виртуальные терминалы (`VTYs`). В современных версиях `IOS` по умолчанию поддерживаются 5, 11 либо 16 виртуальных терминалов, соответствующих линиям `vty 0 – vty 4` (традиционные, на маршрутизаторах и на коммутаторах) и `vty 5 – vty 15` (в конфигурациях всегда отделены от традиционных, только на коммутаторах). Эти линии так же удалить невозможно. Дополнительные виртуальные линии, при необходимости, создаются автоматически при первом «обращении» к ним.

Синтаксически, разделяющие пробелы вводить обязательно.

Можно конфигурировать сразу несколько линий – указав первую и последнюю через пробелы (например, `vty 0 15`), то есть без перечисления.

Кроме создания-удаления, нужно еще учитывать возможность разрешения-запрещения использования линий – как вообще, так и в отношении конкретных административных протоколов (`Telnet`, `SSH` и некоторых других). Аппаратные и виртуальные линии разрешены по умолчанию, их можно запретить командой `no exec`. Чтобы разрешить входящие подключения по линии по конкретным протоколам, эти протоколы нужно указать как аргументы команды `transport input` (в результате, запрос о входящем подключении виртуального терминала сможет обслужить только сервис, соответствующий одному из указанных протоколов). Аналогично, чтобы разрешить исходящие подключения по линии по конкретным протоколам, эти протоколы нужно указать как аргументы команды `transport output` (в результате, при работе за подключенным по линии аппаратным либо виртуальным терминалом, создавать исходящие подключения смогут только команды-клиенты, соответствующие указанным протоколам).

Физические линии (равно асинхронные последовательные порты, включая консоли) всех производимых Cisco устройств по умолчанию имеют следующие параметры: 9600-8-1-n (9600 бод, байт из 8 битов, 1 стоп-бит, без бита паритета и контроля потока).

Примеры команд IOS:

```
Router#show line
  Tty Line Typ      Tx/Rx    A Modem   Rotty AccO AccI   Uses   Noise  Overruns  Int
    0     0  CTTY      -       -       -       -       -       0       0       0/0
    1     1  AUX      9600/9600 -       -       -       -       -       0       0       0/0
    2     2  TTY      9600/9600 -       -       -       -       -       0       0       0/0
* 388  388  VTY      -       -       -       -       -       -       2124    0       0/0
!Символ * означает что линия активна,
!2124 -- количество входящих и исходящих подключений по линии
  389  389  VTY      -       -       -       -       -       2       0       0/0
  390  390  VTY      -       -       -       -       -       0       0       0/0
  391  391  VTY      -       -       -       -       -       0       0       0/0
  392  392  VTY      -       -       -       -       -       0       0       0/0
```

Line(s) not in async mode -or- with no hardware support:
3-387

Параметры линий, как и другие параметры терминалов, вполне подвержены коррекции.

По умолчанию IOS выполняет асинхронный терминальный ввод-вывод (проявляется уже по завершению загрузки). Поэтому сообщения IOS создают помехи при вводе команд, особенно последовательном. Для обеспечения синхронного терминального ввода-вывода используют команду `logging synchronous`.

Размер буфера «истории» команд может быть от 0 до 256 команд (по умолчанию 10) и может быть скорректирован командой `history size`. «История» исполнительских режимов отделена от «истории» конфигурационных режимов.

Cisco уделяет большое внимание баннерам. В IOS предусмотрены несколько видов баннеров. Часто применяют баннер MOTD (Message-Of-The-Day), который выводится на физических и виртуальных терминалах при их подключении каждый раз. В текст баннера могут подставляться значения специальных переменных.

Примеры команд IOS:

```
Router#clo
00:07:31: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console !Помеха
% Incomplete command.

Router(config)#line con 0
Router(config-line)#logging synchronous
Router(config-line)#history size 256

Router(config)#line vty 0 4
Router(config-line)#transport input ssh !Список -- через пробелы в любом порядке

Router(config)#banner motd %Hello% !Как экранирующий, выбран символ %

Router(config)#banner motd #
Enter TEXT message. End with the character '#'.
Notice: all routers in $(domain) will be upgraded beginning April 20
#
```

3 ПОДДЕРЖКА IPv4 В CISCO IOS

3.1 Адресация IPv4

Для назначения IP-адреса сетевому интерфейсу используют команду `ip address`. IOS поддерживает подинтерфейсы, но на уровне сетевого интерфейса может быть только один IP-адрес. При попытке ввода второго IP-адреса первый вытесняется.

Для административного включения сетевого интерфейса используют команду `no shutdown`, для выключения – соответственно `shutdown`.

Типовой пример конфигурирования L3-интерфейса:

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#interface gi0/0
Router(config-if)#ip address 192.168.11.1 255.255.255.224 !Обязательно
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#exit
Router(config)#exit
Router#disable
Router>
```

Для вывода на экран IP-информации о сетевом интерфейсе либо сетевых интерфейсах используют команду `show ip interface`. Предусмотрен вариант с упрощенным выводом: `show ip interface brief`, который, кроме всего прочего, при отсутствии визуального доступа к устройству позволяет увидеть на экране все имеющиеся сетевые интерфейсы (не только те, которым можно присвоить IP-адреса) в компактном табличном виде.

Примеры команд IOS:

```
Router#show ip interface gi0/0
GigabitEthernet0/0 is up, line protocol is up
Internet address is 192.168.0.1/24
Broadcast address is 255.255.255.255 !Limited broadcast
Address determined by non-volatile memory
MTU is 1500 bytes
Helper address is not set
Directed broadcast forwarding is disabled
Outgoing access list is not set
Inbound access list is not set
Proxy ARP is enabled
Local Proxy ARP is disabled
Security level is default
Split horizon is enabled
ICMP redirects are always sent
ICMP unreachables are always sent
ICMP mask replies are never sent
IP fast switching is enabled
IP fast switching on the same interface is disabled
IP Flow switching is disabled
IP CEF switching is enabled
IP CEF switching turbo vector
IP multicast fast switching is enabled
```

```

IP multicast distributed fast switching is disabled
IP route-cache flags are Fast, CEF
Router Discovery is disabled
IP output packet accounting is disabled
IP access violation accounting is disabled
TCP/IP header compression is disabled
RTP/IP header compression is disabled
Policy routing is disabled
Network address translation is disabled
BGP Policy Mapping is disabled
Input features: MCI Check
IPv4 WCCP Redirect outbound is disabled
IPv4 WCCP Redirect inbound is disabled
IPv4 WCCP Redirect exclude is disabled

```

```

Router#show ip interface brief
Interface IP-Address OK? Method Status Prot
oc0
Embedded-Service-Engine0/0 unassigned YES NVRAM administratively down down
GigabitEthernet0/0 192.168.0.1 YES NVRAM up up
GigabitEthernet0/1 unassigned YES NVRAM administratively down down
Serial0/0/0 10.0.0.1 YES manual down down
Serial0/0/1 unassigned YES NVRAM administratively down down

```

Как был назначен IP-адрес можно судить по методу:

- manual – данный статический адрес после загрузки введен вручную;
- NVRAM – данный статический адрес (либо факт отсутствия адреса) считан из загрузочной конфигурации;
- TFTP – данный статический адрес (либо факт отсутствия адреса) считан из конфигурации, полученной по протоколу TFTP;
- DHCP – данный динамический адрес получен по протоколу DHCP;
- BOOTP – данный динамический адрес получен по протоколу BOOTP;
- RARP – данный динамический адрес получен по протоколу RARP;
- SLARP – данный динамический адрес получен по протоколу SLARP (вариант ARP для Cisco HDLC);
- IPCP – данный динамический адрес согласован по протоколу IPCP в рамках PPP (при подключении удаленного пользователя);
- unset – нет загрузочной конфигурации и адрес не назначен.

Для указания адреса DNS-сервера используют команду `ip name-server`. Для запрещения обращений к DNS-серверу используют команду `no ip domain lookup` (чтобы, при отсутствии необходимости в DNS, не было «зависаний» из-за некоторых ошибок ввода).

Примеры команд IOS:

```

Router(config)#ip name-server 192.168.251.2
Router(config)#no ip domain lookup

```

Для проверки связи используют команды `ping` и `traceroute`. Эти команды в СПД с маршрутизаторами Cisco начинают «срабатывать» постепенно и

это нормально (влияние Cisco Express Forwarding). Если команду `ping` либо команду `traceroute` ввести без аргументов, то ее можно «настроить» перед запуском.

Примеры команд IOS:

```
Router#ping 192.168.251.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.0.1, timeout is 2 seconds:
.!!! Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 4/6/8 ms
```

```
Router#traceroute 192.168.251.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.251.1
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
 1 172.16.0.1 0 msec 0 msec 0 msec
 2 192.168.251.1 0 msec 4 msec 0 msec
```

3.2 Маршрутизация IPv4

Таблица маршрутизации IOS имеет достаточно сложную иерархическую структуру.

В первую очередь маршруты делят на:

1 Directly connected равно Connected (код C) – маршруты к своим подсетям (а не «к подключенными интерфейсам») (особо выделяемые статические маршруты, которые вносятся автоматически при административном включении соответствующих интерфейсов).

2 Static (код S) – статические (собственно статические маршруты, которые вносят «вручную»).

3 Dynamic (коды R, B, O и другие) – динамические (автоматически вносятся процессами динамической маршрутизации).

Новшество таблиц маршрутизации IOS 15.X (а также таблиц маршрутизации IPv6):

+4 Local (код L) – локальные или, в данном контексте, маршруты к своим сетевым интерфейсам (еще одни особо выделяемые статические маршруты, которые также вносятся автоматически при административном включении соответствующих интерфейсов, и которые в таблицах маршрутизации 12.X явно не присутствуют).

В иерархии маршрутов выделяют два уровня:

1 L1 – маршруты к стандартным подсетям и подсетям, большие чем стандартные.

2 L2 – маршруты к подсетям, меньшим чем стандартные, и к сетевым интерфейсам.

С другой стороны, маршруты в иерархии можно рассматривать как:

1 Parent – родительские.

2 Child – дочерние.

Иерархия необходима для ускорения обработки таблицы маршрутизации. Сначала просматриваются маршруты первого уровня. В случае попадания происходит переход к просмотру соответствующих маршрутов второго уровня.

Маршруты первого уровня:

1 Default route – маршрут (маршруты) по умолчанию.

2 Supernet routes – маршруты к подсетям, больших чем стандартные.

3 Network routes – маршруты к стандартным подсетям.

При выборе маршрута для передачи пакета из имеющихся в таблице маршрутизации (равно как и выборе маршрута для внесения в таблицу маршрутизации при динамической маршрутизации) оцениваются:

1 Prefix length – длина префикса – чем больше, тем маршрут приоритетнее.

2 Administrative distance (по-другому, external administrative distance) – административная дистанция – «старшая» часть (указывается в квадратных скобках до слеша) – чем меньше, тем маршрут приоритетнее.

3 Metric (по-другому, internal administrative distance) – метрика – «младшая» часть (указывается в квадратных скобках после слеша) – в разных протоколах вычисляется по-разному – так же чем меньше, тем маршрут приоритетнее.

Ниже приведены более подробные сведения об административных дистанциях (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Значения предустановленных административных дистанций Cisco по умолчанию

Административная дистанция	Маршрут
0	Connected
1	Static
3	DMNR (Dynamic Mobile Network Routing)
5	EIGRP summary
20	BGP external
90	EIGRP internal
100	IGRP
110	OSPF
115	IS-IS
120	RIP
140	EGP
160	ODR (On-Demand Routing)
170	EIGRP external
200	BGP internal
250	NHRP (Next Hop Resolution Protocol)
254	Маршрут по умолчанию, полученный посредством DHCP
255	Недоверительный маршрут

Административную дистанцию статических и динамических маршрутов можно корректировать в диапазоне от 0 до 255.

Статические маршруты с заведомо большей административной дистанцией чем у динамических (например, 254), создаваемые как резервные, называют *плавающими* (floating).

Маршруты с административной дистанцией 255 (специально созданные или полученные от других маршрутизаторов) в таблицу маршрутизации IOS не вносятся.

Любой маршрут зависит от состояния выходного интерфейса (в нем). Скажем, временное административное выключение интерфейса приводит к временному изъятию (из таблицы маршрутизации) маршрутов, задействующих данный интерфейс.

Касательно Cisco IOS, фундаментальное различие между полноклассостью и бесклассностью проявляется и в процессе выбора маршрутов. Следует различать два алгоритма поведения, причем любое поведение не влияет на передачу маршрутов (не нужно путать с разницей между полноклассовыми и бесклассовыми протоколами динамической маршрутизации). При полноклассовом выборе маршрутов (classful routing behavior), в отличие от бесклассового (classless routing behavior), после «захода» к L2-маршрутам возврата к L1-маршрутам уже не происходит. В современных версиях IOS по умолчанию применяется бесклассовый подход.

IOS поддерживает эквивалентную и неэквивалентную балансировку нагрузки при маршрутизации (и в отношении маршрутов по умолчанию).

Маршруты, которые могут быть применены для фактической передачи пакетов называют актуальными (ultimate). Их признаком является наличие шлюза или выходного сетевого интерфейса.

Расширение PBR (Policy-Based Routing) позволяет осуществлять маршрутизацию не только исходя из адреса назначения, а и с учетом множества других критериев (например, назначать шлюз исходя из адреса источника) (рисунок 3.1).

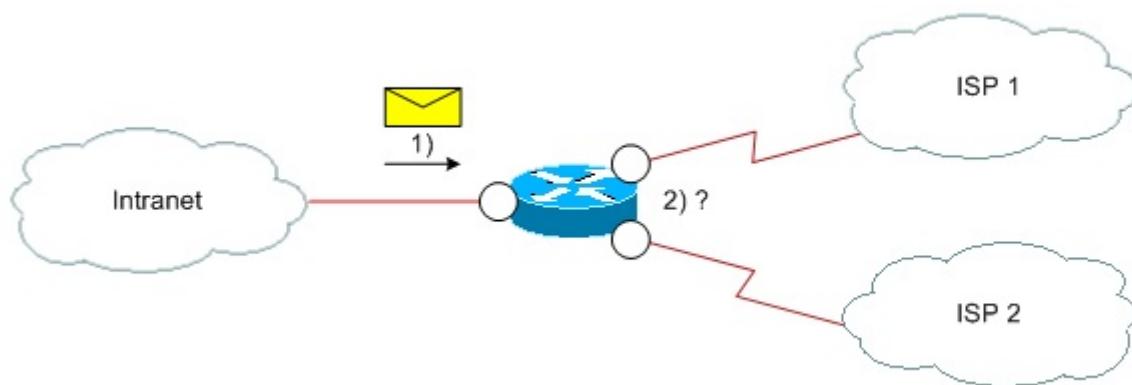


Рисунок 3.1 – Одна из проблем маршрутизации исходя из адреса назначения

Расширение VRF (Virtual Routing and Forwarding) позволяет в дополнение к собственно маршрутизатору на базе IOS создать виртуальные маршрутизаторы.

ры с изолированными таблицами маршрутизации (рисунок 3.2). При этом, к отдельно взятой сущности VRF необходимо привязать соответствующие интерфейсы или подинтерфейсы.



Рисунок 3.2 – Пример VRF

Для просмотра текущей таблицы маршрутизации IOS используют команду `show ip route`. При этом видна иерархия маршрутов. Наряду с уровнями, если маски дочерних подсетей разные, то родительская подсеть показывается как `variably subnetted`, иначе, просто как `subnetted`.

Примеры команд IOS:

```
Router#show ip route
Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LISP
      + - replicated route, % - next hop override
```

```
Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0 !Все нули так как через se

  172.16.0.0/28 is subnetted, 1 subnets !Относится к 172.16.41.0
O    172.16.41.0 [110/11] via 204.120.160.1, 1d20h, GigabitEthernet0/0
  204.120.160.0/24 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C      204.120.160.0/29 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L      204.120.160.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
C      204.120.160.168/30 is directly connected, Serial0/0/0
L      204.120.160.169/32 is directly connected, Serial0/0/0
  192.168.255.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.255.0/29 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L      192.168.255.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
  63.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      63.166.59.188/30 is directly connected, Vlan10
L      63.166.59.190/32 is directly connected, Vlan10
  208.35.255.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
O    208.35.255.0/28 [110/11] via 204.120.160.1, 1d20, GigabitEthernet0/0
O    208.35.255.48/28 [110/11] via 204.120.160.1, 1d20h, GigabitEthernet0/0
O    208.35.255.64/26 [110/11] via 204.120.160.1, 1d20h, GigabitEthernet0/0
  75.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      75.160.162.64/26 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L      75.160.162.65/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
S*  0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/0
!
!21 маршрут всего
!7 маршрутов первого уровня
```

```
!14 маршрутов второго уровня
!6 родительских маршрутов
!14 дочерних маршрутов
!15 актуальных маршрутов
!Разница между полноклассовостью и безкласовостью проявится при маршрутизации
!пакета с IP-адресом назначения например 208.35.255.33
!
```

Gateway of last resort – так часто называют шлюз по умолчанию.

Кроме упомянутых выше буквенных кодов маршрутов, в таблице маршрутизации можно увидеть другие.

Пример другой, наиболее полной, «шапки» таблицы:

```
Router#show ip route
Codes: L - local, 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, H - NHRP, l - LISP
      a - application route
      + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR

Gateway of last resort is not set
```

Буквы, не относящиеся к протоколам динамической маршрутизации:

- M – mobile – маршрут внесен подсистемой LAM (Local Area Mobility) (расширение ARP для поддержки перемещаемых устройств);

- U – per-user static route – статический маршрут получен по протоколу RADIUS либо TACACS с AAA-сервера (клиент подключен посредством топологии «точка-к-точке»);

- o – ODR – маршрут получен по протоколу ODR (расширение CDP для топологии «ступица со спицами»);

- P – periodic downloaded static route – статический маршрут получен по протоколу RADIUS либо TACACS с AAA-сервера;

- H – NHRP – маршрут получен по протоколу NHRP (расширение ARP для иерархических NBMA-топологий);

- l – LISP – маршрут получен по протоколу LISP (Locator/ID Separation Protocol) (альтернатива и в то же время надстройка над IP);

- a – application route – маршрут создан приложением onePK (доступно на некоторых платформах).

Символы, дополняющие буквы:

- * – candidate default – при балансировке нагрузки маршрут будет выбран для передачи очередного пакета;

- + – replicated route – маршрут импортирован из другой сущности VRF;

- % – next hop override – шлюз в маршруте заменен протоколом NHRP;

- p – overrides from PfR – маршрут изменен фреймворком PfR (Performance Routing) (оптимизация).

Для внесения статического маршрута в таблицу маршрутизации используют команду `ip route`.

Отключение бесклассового выбора маршрутов, то есть включение полно-классового, осуществляют командой `no ip classless`.

Функционал IP forwarding по умолчанию включен и может быть выключен командой `no ip routing`.

Функционал ICMP redirects по умолчанию включен и может быть выключен командой `no ip redirects`.

Примеры команд IOS:

```
Router(config)#ip route 192.168.11.160 255.255.255.240 192.168.11.50
```

```
Router(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.11.1 !Маршрут по умолчанию  
!(команда ip default-gateway предназначена для управляемых коммутаторов)
```

```
Router(config)#no ip classless
```

```
Router(config)#no ip routing
```

```
Router(config-if)#no ip redirects
```

Для просмотра ARP-таблицы используют команду `show ip arp`.

Кроме просто ARP proxy, Cisco различает local ARP proxy (рисунок 3.3). При ARP proxy задействуются сетевые интерфейсы из разных подсетей, как и было описано в теории маршрутизации. При local ARP proxy задействуется только один сетевой интерфейс маршрутизатора (прозрачного шлюза). Такое востребовано когда этот сетевой интерфейс находится в одной подсети с запрашивающей и запрашиваемой станциями, но запрашиваемая станция по каким-либо административным или технологическим причинам сама ответить не может (например, чтобы весь трафик между станциями прозрачно пропускать через маршрутизатор). Первый функционал по умолчанию включен, а второй – выключен. Конфигурирование осуществляют командами `ip proxy-arp` и `ip local-proxy-arp` соответственно. ARP proxy (не local ARP proxy) можно выключить и глобально: `ip arp proxy disable`. (Командой `ip directed-broadcast` можно включить по умолчанию выключенный функционал `directed broadcast forwarding`.)

Примеры команд IOS:

```
Router#show ip arp
```

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	80.94.160.193	0	0022.5517.e002	ARPA	GigabitEthernet0/0
Internet	80.94.160.200	-	a80c.0d99.757b	ARPA	GigabitEthernet0/0
Internet	80.94.160.206	59	0017.9a3a.cd1f	ARPA	GigabitEthernet0/0
Internet	172.16.0.1	0	0050.569f.9ebb	ARPA	GigabitEthernet0/1
Internet	172.16.0.8	0	0050.569f.984e	ARPA	GigabitEthernet0/1
Internet	172.16.0.12	148	94de.8070.463f	ARPA	GigabitEthernet0/1
...					

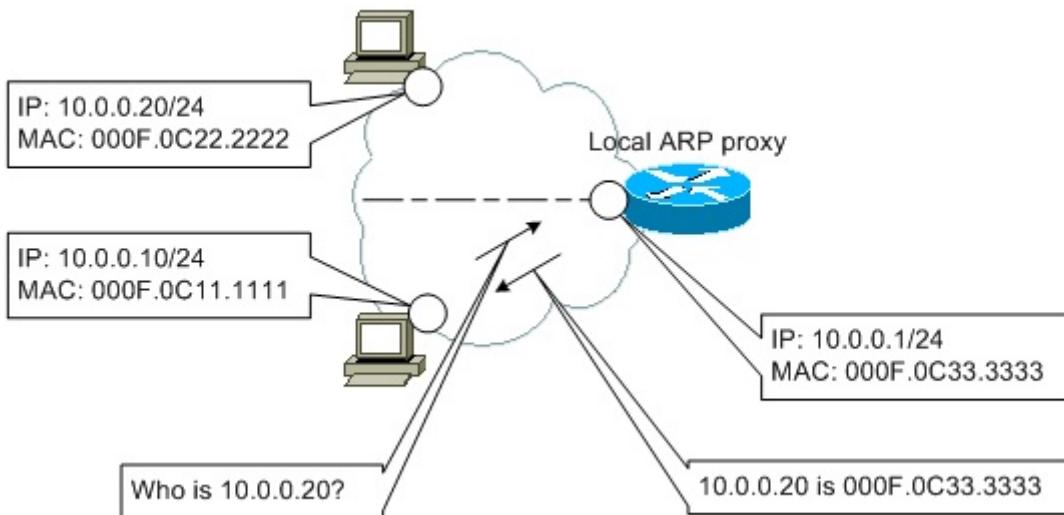


Рисунок 3.3 – Cisco local ARP proxy

3.3 DHCP

Запуск DHCP-клиента в Cisco IOS происходит с помощью соответствующего аргумента команды `ip address`. Перед запуском DHCP-клиента можно настроить.

Примеры команд IOS:

```
Router(config)#inteface fa0
Router(config-if)#ip dhcp client lease 0 1 0 !Дни часы минуты
Router(config-if)#no ip dhcp client request tftp-server-address
Router(config-if)#ip address dhcp
Router(config-if)#exit
```

На маршрутизаторах Cisco поддерживается сервис DHCP. По умолчанию этот сервис запущен, для останова используют команду `no service dhcp`.

DHCP helper указывают командой `ip helper-address`.

Для просмотра состояния сервиса DHCP используют команды группы `show ip dhcp`: `show ip dhcp binding`, `show ip dhcp conflict`, `show ip dhcp pool`, `show ip dhcp server statistics` и другие.

Примеры конфигурирования динамического и статического пулов адресов на маршрутизаторе Cisco:

```
Router(config)#ip dhcp excluded-address 192.168.11.193 !Исключаемые адреса
Router(config)#ip dhcp pool EXAMPLE-DHCP-DYNAMIC-POOL
Router(dhcp-config)#! Режим конфигурирования DHCP-пула
Router(dhcp-config) #network 192.168.11.192 255.255.255.224 !Вся подсеть
Router(dhcp-config) #default-router 192.168.11.193
Router(dhcp-config) #bootfile ardp32.bin
Router(dhcp-config) #lease 0 4 !Минуты не указаны
Router(dhcp-config) #domain-name evm.bsuir.by
Router(dhcp-config) #dns server 192.168.11.3
```

```
Router(dhcp-config)#netbios-name-server 192.168.11.193
Router(dhcp-config)#option 19 hex 01 !Пример приватной DHCP-опции
Router(dhcp-config)#exit
```

```
Router(config)#ip dhcp pool EXAMPLE-DHCP-STATIC-POOL
...
Router(dhcp-config)#origin file flash:dhcp-static1
Router(dhcp-config)#exit
```

Файл dhcp-static1:

```
*time* Jan 22 2020 03:33 PM
*version* 2
!IP address           Type      Hardware address      Lease expiration
192.168.11.201/27    1        000c.f1bf.703f       Infinite !Это Ethernet
...
*end*
```

```
Router#show ip dhcp binding
Bindings from all pools not associated with VRF:
IP address          Client-ID/          Lease expiration      Type
                  Hardware address/
                  User name
192.168.11.195     0100.1b21.228e.72   Mar 31 2020 12:39 PM  Automatic
```

```
Router#show ip dhcp pool
```

```
Pool EXAMPLE-DHCP-DYNAMIC-POOL :
Utilization mark (high/low) : 100 / 0
Subnet size (first/next)   : 0 / 0
Total addresses            : 30
Leased addresses          : 1
Pending event              : none
1 subnet is currently in the pool :
Current index             IP address range          Leased addresses
192.168.11.193           192.168.11.193 - 192.168.11.222    1
```

4 ПОДДЕРЖКА IPv6 В CISCO IOS

На маршрутизаторах и коммутаторах Cisco IPv6-возможности по умолчанию находятся в административно выключенном состоянии.

Для административного включения на сетевом интерфейсе IPv6 и автоматической генерации адреса Link Local Unicast используют команду `ipv6 enable`. Как альтернатива, позволяющая в добавок задействовать возможности ND, выступает команда `ipv6 address autoconfig`.

Для присвоения сетевому интерфейсу адреса Unique Local Unicast либо Global Unicast, и тем самым активации на нем IPv6, используют команду `ipv6 address`. После ввода первого такого адреса автоматически генерируется и адрес Link Local Unicast (если до этого адреса Link Local Unicast не было).

Вариант с аргументом `eui-64` позволяет автоматически сгенерировать соответствующее значение интерфейсной части адреса.

Вариант с аргументом `link-local` позволяет заменить автоматически сгенерированный адрес Link Local Unicast (множество адресов Link Local Unicast одного сетевого интерфейса не поддерживается).

Вариант с аргументом `anycast` позволяет добавить соответственно эникаст-адрес.

При вводе адресов можно использовать заранее подготовленные именованные префиксы, которые создают с помощью команды `ipv6 general-prefix`.

Шестнадцатеричные цифры в IPv6-адресах при выводе на экран и при переносе в конфигурационные файлы приводятся к верхнему регистру.

Для работы с мультикаст-группами используют различные варианты команды `ipv6 mld`, например `ipv6 mld join-group`.

Примеры команд IOS:

```
Router(config)#interface fa0/0
Router(config-if)#ipv6 address 2001:7f8:8b:6::1/64
Router(config-if)#ipv6 address fd5f:4cf8:7fcd:6::/64 eui-64
Router(config-if)#ipv6 address fe80::1 link-local
Router(config-if)#ipv6 address 2001:7f8:8b:6::/64 anycast
Router(config-if)#ipv6 mld join-group ff04::10
Router(config-if)#exit

Router(config)#ipv6 general-prefix MY-PREFIX 2001:7f8:8b::/48
...
Router(config-if)ipv6 address MY-PREFIX 0:0:0:8::1/64
```

Для вывода на экран IPv6-информации о сетевом интерфейсе (в том числе информации о ND) используют команду `show ipv6 interface`.

Примеры команд IOS:

```
Router#show ipv6 interface brief
FastEthernet0/0          [up/up]
FE80::6FE:7FFF:FE8B:4BB0
```

```

2001:7F8:8B:6::1
FD00:0:0:6::1
FastEthernet0/1           [up/up]
  FE80::6FE:7FFF:FE8B:4BB1
  2001:7F8:8B:8::1
Serial0/0/0                [administratively down/down]
  unassigned
Serial0/0/1                [administratively down/down]
  unassigned

```

Маршрутизатор Cisco по умолчанию функционирует в режиме IPv6-хоста – применительно к каждому сетевому интерфейсу. При этом, исходя из соображений безопасности, в более новых версиях IOS (начиная с 15.0(2)SE) стандартные возможности автоконфигурирования по умолчанию запрещены (loose, or nonconformant, host mode) – разрешают командой `ipv6 nd host mode strict` (strict, or conformant, host mode). В режим IPv6-маршрутизатора переключают командой `ipv6 unicast-routing` (в глобальном конфигурационном режиме) – не «просто» включают IPv6 forwarding.

Для управления ND в основном используют различные варианты команды `ipv6 nd` (в режиме конфигурирования интерфейса):

- `ipv6 address autoconfig` – включить автоконфигурирование сетевого интерфейса (совместима с режимом IPv6-маршрутизатора – без назначения маршрутизатора по умолчанию) (в глобальном конфигурационном режиме доступна команда `ipv6 address autoconfig default`);

- `ipv6 nd autoconfig default-route` – незамедлительно сгенерировать и передать RS с целью определения маршрутизатора по умолчанию без ожидания очередного RA (при автоконфигурировании);

- `ipv6 nd autoconfig prefix` – незамедлительно сгенерировать и передать RS с целью определения префиксов подсетей без ожидания очередного RA (при автоконфигурировании);

- `ipv6 nd cache expire` – установить указанное время валидности строки ND-кэша (по умолчанию 4 часа);

- `ipv6 nd cache interface-limit` – установить указанное максимальное количество строк ND-кэша (по умолчанию не определено);

- `ipv6 nd dad attempts` – установить указанное количество попыток определения конфликта адресов (по умолчанию одна);

- `ipv6 nd dad time` – установить указанный интервал между попытками определения конфликта адресов (по умолчанию 1 s);

- `ipv6 nd managed-config-flag` – устанавливать флаг M в RAs (по умолчанию не устанавливается);

- `ipv6 nd na glean` – обрабатывать незапрошенные NAs (по умолчанию игнорируются);

- `ipv6 nd ns-interval` – установить указанное значение Retrans Timer в RAs (при восстановлении MAC-адресов и при определении конфликтов адресов) (по умолчанию 0 – RAs, 1 s – сам сетевой интерфейс);

- ipv6 nd nud retry – установить указанное количество попыток проверки достижимости соседей (по умолчанию 3 попытки с интервалом 1 s);
- ipv6 nd other-config-flag – устанавливать флаг O в RAs (по умолчанию не устанавливается);
- ipv6 nd prefix – передавать указанный префикс подсети как ND-опцию Prefix Information в RAs;
- ipv6 nd ra hop-limit – установить указанное значение Cur Hop Limit в RAs (по умолчанию 64);
- ipv6 nd ra interval – установить указанный интервал между RAs (по умолчанию 200 s);
- ipv6 nd ra lifetime – установить указанное значение Router Lifetime в RAs (по умолчанию 1800 s);
- ipv6 nd ra mtu – передавать указанное значение как ND-опцию MTU в RAs (применительно к сетевым интерфейсам Ethernet по умолчанию 1500);
- ipv6 nd ra suppress – не передавать RAs (по умолчанию передаются сетевыми интерфейсами Ethernet и FDDI – если включен IPv6 forwarding);
- ipv6 nd reachable-time – установить указанное значение Reachable Time (по умолчанию 0 – RAs, по умолчанию 30 s – сам сетевой интерфейс);
- ipv6 nd router-preference – установить указанное значение Default Router Preference в RAs (по умолчанию Medium).

Примеры команд IOS:

```

Router(config)#interface fa0/0
Router(config-if)#ipv6 address autoconfig
Router(config-if)#exit

Router#show ipv6 interface fa0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::6FE:7FFF:FE8B:4BB0
    No Virtual link-local address(es):
    Stateless address autoconfig enabled
    Global unicast address(es):
      2001:7F8:8B:6:6FE:7FFF:FE8B:4BB0, subnet is 2001:7F8:8B:6::/64 [EUI/CAL/PRE]
        valid lifetime 2591989 preferred lifetime 604789
      FD00::6:6FE:7FFF:FE8B:4BB0, subnet is FD00:0:0:6::/64 [EUI/CAL/PRE]
        valid lifetime 2591989 preferred lifetime 604789
    Joined group address(es):
      FF02::1
      FF02::1:FE8B:4BB0
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ICMP unreachables are sent
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds (using 44711)
  Default router is FE80::6FE:7FFF:FE37:A448 on FastEthernet0/0

```

```

Router(config) #ipv6 unicast-routing

Router#show ipv6 interface fa0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::6FE:7FFF:FEED:4BB0
  No Virtual link-local address(es):
  Global unicast address(es):
    2001:7F8:8B:6::1, subnet is 2001:7F8:8B:6::/64
    FD00:0:0:6::1, subnet is FD00:0:0:6::/64
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::2
    FF02::1:FF00:1
    FF02::1:FFEB:4BB0
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ICMP unreachable are sent
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds (using 28220)
ND advertised reachable time is 0 (unspecified)
ND advertised retransmit interval is 0 (unspecified)
ND router advertisements are sent every 200 seconds
ND router advertisements live for 1800 seconds
ND advertised default router preference is Medium
Hosts use stateless autoconfig for addresses.

```

Запуск DHCPv6-клиента происходит командой `ipv6 address dhcp` (в связке с `ipv6 enable`).

Поддерживается и сервис DHCPv6.

В общем случае сетевой интерфейс может быть DHCPv6-клиентом, либо DHCPv6-сервером, либо DHCPv6 relay.

Примеры команд IOS:

```

Router(config) #interface fa0/0
Router(config-if)#ipv6 address dhcp
Router(config-if)#ipv6 enable
Router(config-if)#exit

Router#show ipv6 interface fa0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  IPv6 is enabled, link-local address is FE80::6FE:7FFF:FEED:4BB0
  No Virtual link-local address(es):
  Global unicast address(es):
    2001:7F8:8B:6:85EB:5537:D7F5:A61D, subnet is 2001:7F8:8B:6:85EB:5537:D7F5:A6
1D/128
  Joined group address(es):
    FF02::1
    FF02::1:FFEB:4BB0
    FF02::1:FFF5:A61D
  MTU is 1500 bytes
  ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
  ICMP redirects are enabled
  ICMP unreachable are sent
  ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
  ND reachable time is 30000 milliseconds (using 22851)
  Default router is FE80::6FE:7FFF:FEED:4B68 on FastEthernet0/0

```

```

Router(config)#ipv6 unicast-routing

Router(config)#ipv6 dhcp pool EXAMPLE-DHCPV6-POOL
Router(config-dhcpv6)#address prefix 2001:7f8:8b:6::/64
Router(config-dhcpv6)#domain-name evm.bsuir.by
Router(config-dhcpv6)#dns-server fd00:0:0:1::53
Router(config-dhcpv6)#prefix-delegation 2001:7f8:8b:6::/64 0003000104fe7feb4bb0
Router(config-dhcpv6)#exit

Router(config)#interface fa0/0
Router(config-if)#ipv6 address 2001:7F8:8B:6::1/64
Router(config-if)#ipv6 nd managed-config-flag
Router(config-if)#ipv6 nd other-config-flag
Router(config-if)#ipv6 dhcp server EXAMPLE-DHCPV6-POOL
Router(config-if)#exit

```

```

Router#show ipv6 dhcp pool
DHCPv6 pool: EXAMPLE-DHCPV6-POOL
  Static bindings:
    Binding for client 0003000104FE7FEB4BB0
      IA PD: IA ID not specified
      Prefix: 2001:7F8:8B::/48
        preferred lifetime 604800, valid lifetime 2592000
      Address allocation prefix: 2001:7F8:8B:6::/64 valid 172800 preferred 86400 (1
      in use, 0 conflicts)
      DNS server: FD00:0:0:1::53
      Domain name: evm.bsuir.by
    Active clients: 1

```

```

Router#show ipv6 dhcp binding
Client: FE80::6FE:7FFF:FE8B:4BB0
  DUID: 0003000104FE7FEB4BB0
  Username : unassigned
  IA NA: IA ID 0x00040001, T1 43200, T2 69120
  Address: 2001:7F8:8B:6:85EB:5537:D7F5:A61D
    preferred lifetime 86400, valid lifetime 172800
    expires at Apr 15 2019 05:55 PM (172355 seconds)

```

```

Router(config)#interface fa0/0
Router(config-if)#ipv6 dhcp client pd DHCPV6-PREFIX
Router(config-if)#ipv6 address DHCPV6-PREFIX 0:0:0:6::4/64
Router(config-if)#exit

```

```

Router#show ipv6 dhcp
This device's DHCPv6 unique identifier (DUID): 0003000104FE7FEB4BB0

```

```

Router#show ipv6 dhcp interface fa0/0
FastEthernet0/0 is in client mode
  Prefix State is OPEN
  Renew will be sent in 3d11h
  Address State is IDLE
  List of known servers:
    Reachable via address: FE80::6FE:7FFF:FE8B:4B68
    DUID: 0003000104FE7FEB4B68
    Preference: 0
    Configuration parameters:

```

```

IA PD: IA ID 0x00040001, T1 302400, T2 483840
  Prefix: 2001:7F8:8B:6::/64
    preferred lifetime 604800, valid lifetime 2592000
    expires at May 14 2019 09:44 AM (2591906 seconds)
  DNS server: FD00:0:0:1::53
  Domain name: evm.bsuir.by
  Information refresh time: 0
Prefix name: DHCPV6-PREFIX
Prefix Rapid-Commit: disabled
Address Rapid-Commit: disabled

```

Поддерживаются следующие основные режимы туннелирования IPv6-over-IPv4: `ipv6ip-manual`, `ipv6ip 6to4-6to4`, `ipv6ip isatap-ISATAP`, плюс `gre ipv6-GRE` (Generic Routing Encapsulation).

Для просмотра информации о соседях используют команду `show ipv6 neighbors`.

Примеры команд IOS:

```

Router#show ipv6 neighbors
IPv6 Address                               Age Link-layer Addr State Interface
FE80::50B1:D597:7C33:4442                  4 00c0.0c72.6846 STALE Fa0/0
2001:7FC:8B:6:6C70:AE09:B5AC:A84F          12 00c0.0c72.6846 STALE Fa0/0

```

Команды `ping` и `traceroute` совместимы с IPv6.

Для просмотра таблицы IPv6-маршрутизации используют команду `show ipv6 route`.

Примеры команд IOS:

```

Router#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - Default - 10 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
       B - BGP, HA - Home Agent, MR - Mobile Router, R - RIP
       I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
       D - EIGRP, EX - EIGRP external
       O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
S  ::/0 [1/0]
  via FE80::1, FastEthernet0/1
  via 2001:7F8:8B:1::1
  via FD00:0:0:1::1
C  2001:7F8:8B:1::/64 [0/0]
  via FastEthernet0/1, directly connected
L  2001:7F8:8B:1::11/128 [0/0]
  via FastEthernet0/1, receive
C  2001:7F8:8B:6::/64 [0/0]
  via FastEthernet0/0, directly connected
L  2001:7F8:8B:6::1/128 [0/0]
  via FastEthernet0/0, receive
B  2001:ACAD:ACAD:A::/64 [20/0]
  via FE80::6FE:7FFF:FE8B:4B68, FastEthernet0/1
C  FD00:0:0:1::/64 [0/0]
  via FastEthernet0/1, directly connected
L  FD00:0:0:1::11/128 [0/0]
  via FastEthernet0/1, receive
C  FD00:0:0:6::/64 [0/0]

```

```

via FastEthernet0/0, directly connected
L  FD00:0:0:6::1/128 [0/0]
    via FastEthernet0/0, receive
L  FF00::/8 [0/0]
    via Null0, receive

```

Для внесения статического маршрута в таблицу маршрутизации используют команду `ipv6 route`.

Для включения IPv6 forwarding (в отличие от IPv4 forwarding по умолчанию выключен) используют команду `ipv6 unicast-routing`.

Примеры команд IOS:

```
Router(config)#ipv6 route 2001:7f8:8b:10::/64 2001:7f8:8b:8::2
```

```
Router(config)#ipv6 route ::/0 fa0/1 fe80::1
```

Ниже показан пример туннеля (рисунки 4.1 – 4.3).

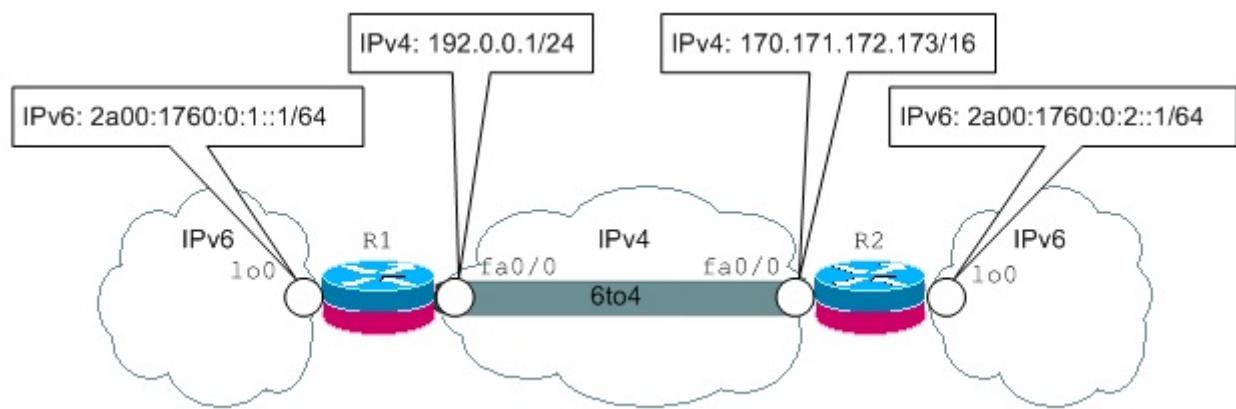


Рисунок 4.1 – Пример туннеля 6to4 (схема)

Последовательность действий при передаче через туннель пакета (сформированного либо транзитного), предназначенному соседу по туннелю. После обращения к таблице IPv6-маршрутизации будет установлено что следующий в звене маршрутизатор не требуется. Будет определен выходной интерфейс – в данном случае туннельный интерфейс 6to4 (router-to-router, топологически point-to-multipoint). При туннелировании для выполнения инкапсуляции вместо привлечения ARPчитываются параметры туннеля. Если пакет не транзитный, то в качестве IPv6-адреса источника будет подставлен IPv6-адрес туннельного интерфейса. IPv6-адрес назначения задан прикладным процессом либо, если пакет транзитный, уже имеется в пакете. В качестве IPv4-адреса источника будет подставлен IPv4-адрес граничной точки источника туннельного интерфейса. IPv4-адрес назначения будет выделен автоматически из IPv6-адреса назначения, так как IPv6-адрес назначения является 6to4-адресом (граничная точка назначения не задана и вычисляется автоматически). Дальнейшая пересылка сформированного IPv4-пакета по СПД будет основываться на IPv4-

маршрутизации (сначала будет задействована текущая таблица IPv4-маршрутизации).

```
R1(config)#interface tunnel 0
R1(config-if)#ipv6 address 2002:c000:1:1::1/16
R1(config-if)#tunnel source 192.0.0.1
R1(config-if)#tunnel mode ipv6ip 6to4
R1(config-if)#exit
...
R1#ping 2002:aaab:acad:1::1
```

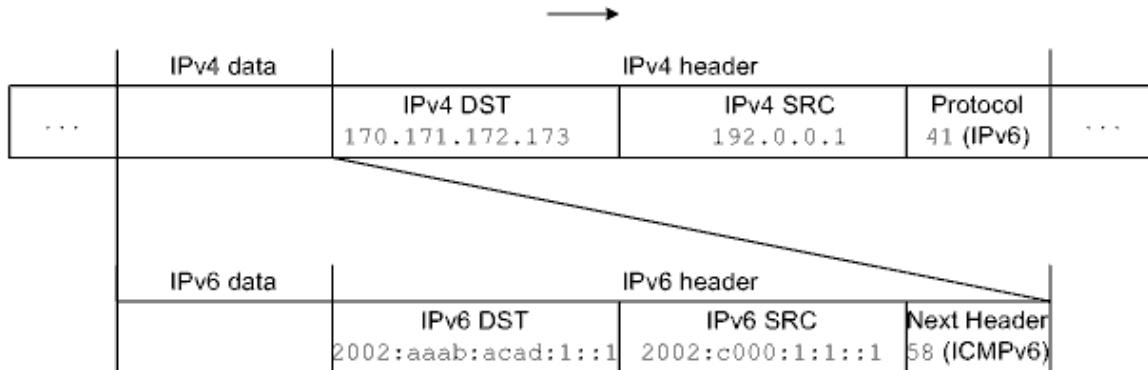


Рисунок 4.2 – Пример туннеля 6to4 (команды и инкапсуляция)

Отличия при передаче через туннель пакета в случае, когда сосед по туннелю выступает в роли маршрутизатора следующего звена. После обращения к таблице IPv6-маршрутизации будет установлено что маршрутизатор следующего звена требуется. IPv4-адрес назначения будет выделен из указанного в маршруте 6to4-адреса маршрутизатора следующего звена (если в маршруте указать выходной интерфейс, то для вычисления граничной точки назначения «зацепиться» будет не за что).

```
R1(config)#interface tunnel 0
R1(config-if)#ipv6 address 2002:c000:1:1::1/16
R1(config-if)#tunnel source 192.0.0.1
R1(config-if)#tunnel mode ipv6ip 6to4
R1(config-if)#exit
R1(config)#ipv6 route 2a00:1760:0:2::/64 2002:aaab:acad:1::1
...
R1#ping 2a00:1760:0:2::1
```

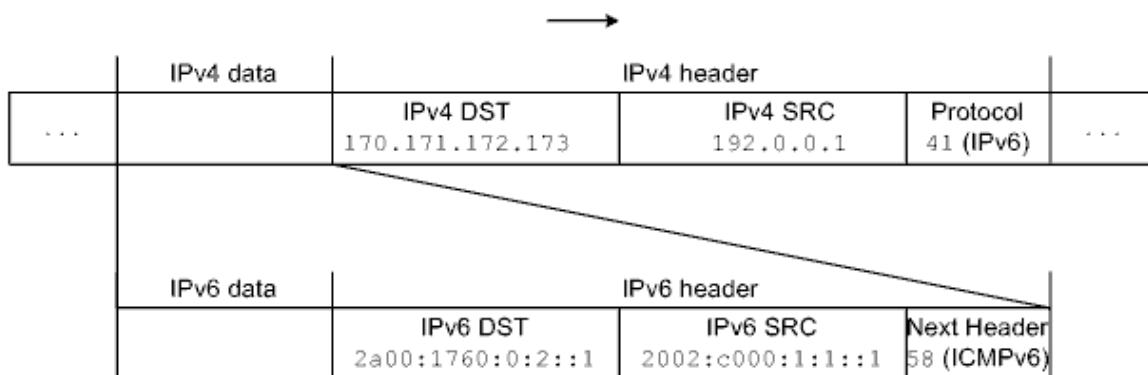


Рисунок 4.3 – Пример туннеля 6to4 (команды и инкапсуляция)

5 КОММУТАТОРЫ CISCO

5.1 Продукция

По состоянию на сентябрь 2020 г. коммутаторы Cisco делят на шесть основных целевых категорий (LAN access, LAN compact, LAN core and distribution, Data center, Small-business, Industrial Ethernet) и множество серий (рисунок 5.1).

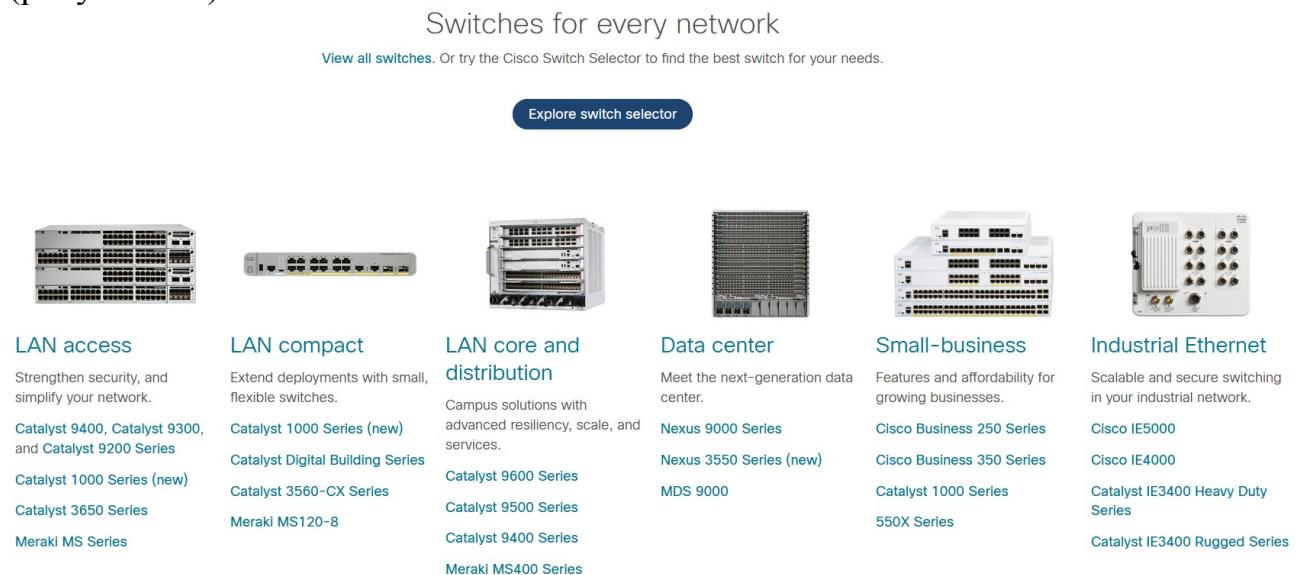


Рисунок 5.1 – Коммутаторы Cisco

Основу всех трех основных сегментов рынка (SOHO, SMB, enterprise) составляют различные серии флагманских коммутаторов Catalyst (зарегистрированная торговая марка Cisco).

Для сегмента рынка SOHO доступны несколько серий не Catalyst-коммутаторов, которые немного дешевле, но поддерживают все основные возможности.

Коммутаторы Nexus (также зарегистрированная торговая марка Cisco) предназначены именно для центров обработки данных и являются лидерами по производительности (при прочих равных условиях). Даже первые модели (серии почти не выражены) имеют основные порты 10 Gigabit Ethernet (за очень редким исключением). Уже доступны модели с основными портами 100 Gigabit Ethernet, причем некоторые с малой латентностью (low latency) – особый класс оборудования (по сути, системы реального времени с регламентированными коммутационными задержками).

В качестве лабораторной базы для первоначального обучения обычно используют очень долго бывшую в массовом производстве серию 2960 (рисунок 5.2) и ее более поздние «вариации»: 2960-S (рисунок 5.3), 2960+, 2960-X, 2960-L (рисунок 5.4) и другие, плюс позиционируемую как замену 2960 серию 1000 (рисунок 5.5) (Smart, немодульные, обычно нестекируемые). А также серии (L3

или, как официально называли раньше, многоуровневые): 3560 (рисунок 5.2), 3560v2, 3560-X (рисунок 5.3), другие «вариации» 3560 (немодульные и модульные, нестекируемые), плюс заменившую 3560 серию 3650 (немодульные, стекируемые) (рисунок 5.4), плюс заменяющую 3650 серию 9200 (немодульные и модульные, стекируемые) (рисунок 5.5); и 3750 (рисунок 5.2), 3750v2, 3750-X (рисунок 5.3), другие «вариации» 3750 (немодульные и модульные, стекируемые), плюс заменившую 3750 серию 3850 (модульные, стекируемые) (рисунок 5.4), плюс заменяющую 3850 серию 9300 (немодульные и модульные, стекируемые) (рисунок 5.5). Программа CCNA ориентирована в первую очередь на монтируемые в стойки (хотя подойдут и компактные) модели 2960 (с поддержкой усиленной безопасности).



Рисунок 5.2 – Серии коммутаторов Catalyst: 2960, 3560, 3750
соответственно (не все модели) [Cisco]



Рисунок 5.3 – Серии коммутаторов Catalyst: 2960-S, 3560-X, 3750-X
соответственно (не все модели) [Cisco]



Рисунок 5.4 – Серии коммутаторов Catalyst: 2960-L, 3650, 3850
соответственно (не все модели) [Cisco]

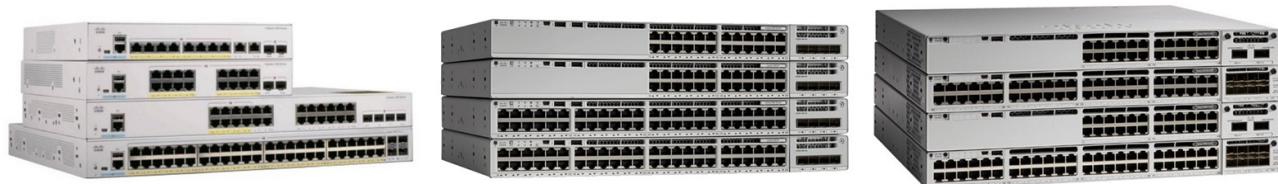


Рисунок 5.5 – Серии коммутаторов Catalyst: 1000, 9200, 9300
соответственно (не все модели) [Cisco]

5.2 Модули

Некоторые серии поддерживают модули. Модули разрабатывают целенаправленно – только для конкретной серии (либо нескольких «родственных» серий).

Ниже показаны примеры модулей коммутаторов Catalyst (рисунок 5.6).



Рисунок 5.6 – C3KX-NM-10G (для 3560-X и 3750-X), C3850-NM-8-10G, C9300-NM-4M соответственно [Cisco]

Некоторые серии поддерживают стекирование. Интересно, что для наращивания портов коммутаторов Nexus вместо стекирования используют внешние устройства-расширители (fabric extenders).

5.3 Учебные коммутаторы

Ниже показаны «органы управления» шасси коммутатора, используемого в учебном процессе (рисунок 5.7).

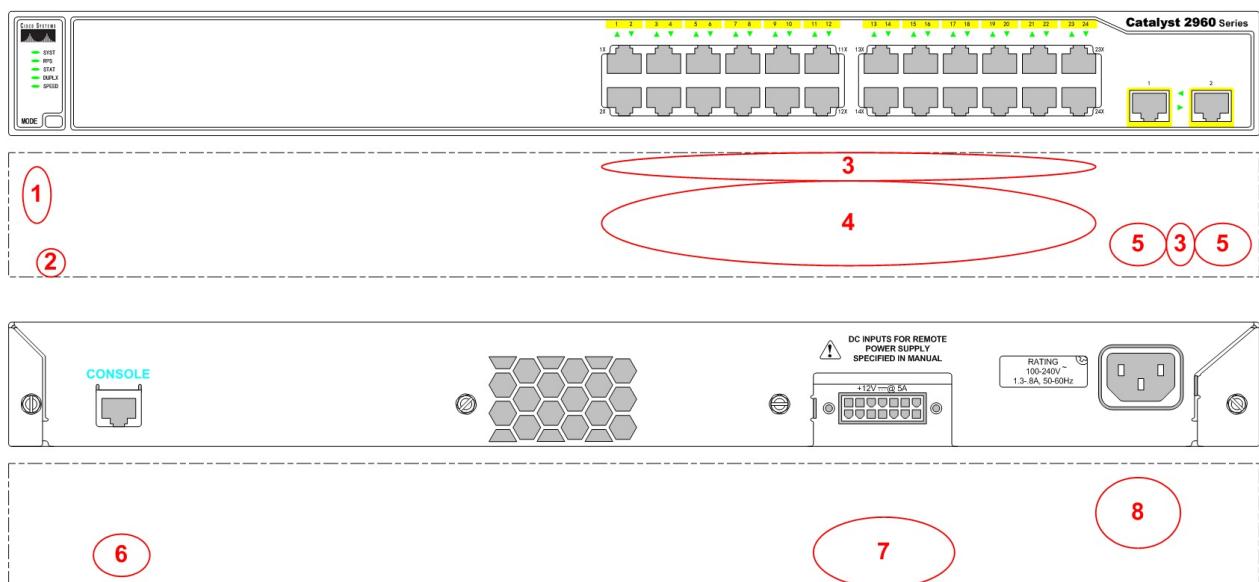


Рисунок 5.7 – Передняя (сверху) и задняя (снизу) панели 2960
(модель WS-C2960-24TT-L)

Где: 1 – индикаторы (SYST, RPS, STAT, DUPLX, SPEED), 2 – кнопка Mode, 3 – индикаторы (портов), 4 – двадцать четыре Fast Ethernet-порта, 5 – два

Gigabit Ethernet-порта, 6 – CON-порт, 7 – розетка (оригинальная) для подключения резервного источника питания, 8 – розетка (евро) для подключения питания.

Заметно, что AUX-порты в коммутаторы Cisco не устанавливают.

У относительно дешевых коммутаторов нет тумблеров питания.

Отдельно взятый порт отдельно взятого коммутатора Cisco имеет традиционно совмещенный двуцветный (зеленый и оранжевый) индикатор. Для переключения индикации (состояние и другое) используют кнопку Mode, расположенную так же на лицевой панели (этую кнопку используют и в других целях).

Некоторые индикационные коды (например, коды скорости) на коммутаторах не такие как на маршрутизаторах.

Ниже описаны индикаторы коммутатора, используемого в учебном процессе (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Индикаторы 2960 (модель WS-C2960-24TT-L)

Название	Индикация	Описание
1	2	3
SYST (SYSTem)	горит зеленым	Питание подключено, ОС загружена и функционирует нормально
	моргает зеленым	ОС загружается
	горит оранжевым	ОС незагружена (произошел автоматический либо «ручной» вход в режим ПЗУ-монитора) либо возникла ошибка ОС
	не горит	Питание не подключено или возникла аппаратная неисправность
RPS	горит зеленым	Резервный источник питания подключен и доступен (готов питать данное устройство)
	моргает зеленым	Резервный источник питания подключен, но временно недоступен (питает другое устройство)
	горит оранжевым	Резервный источник питания неисправен
	моргает оранжевым	Основной блок питания неисправен, питание осуществляется резервным источником
	не горит	Резервный источник питания не подключен
STAT	горит зеленым	Для индикаторов портов выбран режим status (по умолчанию)
DUPLEX	горит зеленым	Для индикаторов портов выбран режим duplex
SPEED	горит зеленым	Для индикаторов портов выбран режим speed

1	2	3
Индикатор порта (Port) в режиме status	горит зеленым	Физическое соединение соответствующего Fast либо Gigabit Ethernet-порта (и Ethernet-порта другого устройства) обнаружено и может быть задействовано
	не горит (моргает) зеленым	Соответствующий Fast либо Gigabit Ethernet-порт передает или принимает пакет (попакетная активность)
	моргает зеленым-оранжевым	В соответствующем Fast либо Gigabit Ethernet-порту возникают ошибки на физическом или канальном уровне
	горит (моргает) оранжевым	Соответствующий Fast либо Gigabit Ethernet-порт заблокирован протоколом STP, либо работает протокол STP
	не горит	Физическое соединение соответствующего Fast либо Gigabit Ethernet-порта не обнаружено, либо порт административно выключен
Индикатор порта в режиме duplex	горит зеленым	Соответствующий Fast либо Gigabit Ethernet-порт работает в полнодуплексном режиме
	не горит	Соответствующий Fast либо Gigabit Ethernet-порт работает в полудуплексном режиме
Индикатор порта в режиме speed	моргает зеленым	Соответствующий Fast либо Gigabit Ethernet-порт работает со скоростью передачи и приема данных 1000 Mbit/s
	горит зеленым	Соответствующий Fast либо Gigabit Ethernet-порт работает со скоростью передачи и приема данных 100 Mbit/s
	не горит	Соответствующий Fast либо Gigabit Ethernet-порт работает со скоростью передачи и приема данных 10 Mbit/s

5.4 Структура

Как и маршрутизатор, коммутатор представляет собой микро-ЭВМ, только с более специализированной элементной базой.

Ниже показаны некоторые коммутаторы, в том числе используемый в учебном процессе, со снятой верхней крышкой (рисунок 5.8).

«Начинка» одной и той же модели зависит от аппаратной версии.

В 3750 (во всех моделях кроме самых ранних), как и в 3560, как и в 2960 (2960+), установлен процессор Cisco Yeti-2 (изготавливаемый под заказ вариант IBM – AMCC PowerPC 405 с архитектурой Power, одноядерный, SoC) (рисунок 5.9); в 3750-X, как и в 3560-X – Cisco Yeti-3 (еще более усовершенствованный вариант Yeti, по-прежнему одноядерный) (рисунок 5.9); в 3850, как и в 3650 – Cavium Octeon II CN6230 (с архитектурой MIPS64, четырехядерный, SoC) либо CN6335 (в моделях с поддержкой Multigigabit Ethernet, шестиядерный) (рисунок 5.9); в 9300 – Intel Xeon D-1526 (с архитектурой Intel 64, четырехядерный,



Рисунок 5.8 – Виды внутри 2960 (модель WS-C2960-24TT-L V06), 3560-X (WS-C3560X-24T-S V05), 3650 (WS-C3650-8X24PD-L V02) соответственно

SoC), в 9200 – ARM Cortex-A53 (с архитектурой ARM64, четырехядерный, SoC – не отдельно, а на одном кристалле с ASIC).

Процессор составляет основу административного плана.

Основу же планов управляющего и данных составляют оригинальные коммутационные ASICs, не менее «весомые» чем процессор (часто называют просто «асикс»). В зависимости от конкретной серии (из упомянутых), одна таковая микросхема предназначена для обслуживания до 8 – 48 портов, что позволяет масштабировать порты (набирать нужное количество). В структуре 3750, как и в 3560, как и в 2960 (2960+) это Cisco Sasquatch (в связке с отдельными микросхемами памяти TCAM – как правило производства Renesas и SRAM); в 3750-X, как и в 3560-X это Cisco StriderCR + MadMaxCR (пара ASICs – первый и второй коммутационные ярусы соответственно, TCAM и SRAM уже интегрированы); в 3850, как и в 3650 это Cisco Doppler UADP (Unified Access Data Plane) 1.0 либо 1.1 (в моделях с поддержкой Multigigabit Ethernet); в 9300 это Cisco UADP 2.0, в 9200 это UADP 2.0 Mini.

Cisco все больше берет за основу перепрограммируемые ASICs (не совсем то же самое что FPGA) и другие аппаратные программируемые структуры (в том числе FPGA), что позволяет найти компромисс между гибкостью, производительностью и стоимостью.



Рисунок 5.9 – Процессоры и DRAM 2960, 3560-X, 3650 соответственно (те же модели)

Выше и ниже показаны подсистемы памяти некоторых коммутаторов, в том числе используемого в учебном процессе (рисунки 5.9, 5.10).



Рисунок 5.10 – On-board flash (не только подсистема памяти Flash)
2960 (BootROM плюс NVRAM плюс Flash),
3560-X (BootROM плюс NVRAM плюс Flash, в двух разных микросхемах),
3650 (BootROM) соответственно (те же модели)

В 3650, 3850, 9200, 9300 устанавливают модули eUSB.

6 CISCO IOS И КОММУТАТОРЫ

В этот раздел включены основы IOS, которые относятся к коммутаторам, а также те, которые уместнее изучать на примерах с коммутаторами.

В настоящее время наиболее актуальны следующие версии IOS для коммутаторов: 12.2 – для 2960, 3560, 3750 и других «современников» (по-прежнему), 15.X – для 2960, 2960-S, 3560-X, 3750-X, 2960-L, 1000 и других. И IOS XE для коммутаторов: 16.X – для 3650, 3850, 9200, 9300 и других.

6.1 Средства администрирования

Коммутаторы серии 2960 поставляли со встроенным web-интерфейсом – адаптированным вариантом SDM (2960+ поставляют с CP for Catalyst).

Исключением, в смысле администрирования, являются не Catalyst-коммутаторы. Они вовсе не имеют CLI («младшие» серии) либо имеют упрощенный CLI, называемый Textview («старшие» серии), зато имеют полноценный встроенный web-интерфейс (поэтому и не Catalyst).

6.2 Загрузка

Пример загрузки IOS на 2960:

Restricted Rights Legend

Use, duplication, or disclosure by the Government is subject to restrictions as set forth in subparagraph (c) of the Commercial Computer Software - Restricted Rights clause at FAR sec. 52.227-19 and subparagraph (c) (1) (ii) of the Rights in Technical Data and Computer Software clause at DFARS sec. 252.227-7013.

cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, California 95134-1706

Cisco IOS Software, C2960 Software (C2960-LANBASEK9-M), Version 15.0(2)SE11, REL EASE SOFTWARE (fc3)
Technical Support: <http://www.cisco.com/techsupport>
Copyright (c) 1986-2017 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Sat 19-Aug-17 09:34 by prod_rel_team Initializing flashfs...

```
fsck: Disable shadow buffering due to heap fragmentation.  
flashfs[2]: 1 files, 1 directories  
flashfs[2]: 0 orphaned files, 0 orphaned directories  
flashfs[2]: Total bytes: 32514048  
flashfs[2]: Bytes used: 11834368  
flashfs[2]: Bytes available: 20679680  
flashfs[2]: flashfs fsck took 2 seconds.  
flashfs[2]: Initialization complete....done Initializing flashfs.  
Checking for Bootloader upgrade..  
Boot Loader upgrade not required (Stage 2)
```

```
POST: CPU MIC register Tests : Begin  
POST: CPU MIC register Tests : End, Status Passed
```

```
POST: PortASIC Memory Tests : Begin  
POST: PortASIC Memory Tests : End, Status Passed
```

```
POST: CPU MIC interface Loopback Tests : Begin  
POST: CPU MIC interface Loopback Tests : End, Status Passed
```

```
POST: PortASIC RingLoopback Tests : Begin  
POST: PortASIC RingLoopback Tests : End, Status Passed
```

```
POST: PortASIC CAM Subsystem Tests : Begin  
POST: PortASIC CAM Subsystem Tests : End, Status Passed
```

```
POST: PortASIC Port Loopback Tests : Begin  
POST: PortASIC Port Loopback Tests : End, Status Passed
```

Waiting for Port download...Complete

This product contains cryptographic features and is subject to United States and local country laws governing import, export, transfer and use. Delivery of Cisco cryptographic products does not imply third-party authority to import, export, distribute or use encryption. Importers, exporters, distributors and users are responsible for compliance with U.S. and local country laws. By using this product you agree to comply with applicable laws and regulations. If you are unable to comply with U.S. and local laws, return this product immediately.

A summary of U.S. laws governing Cisco cryptographic products may be found at:
<http://www.cisco.com/wlc/export/crypto/tool/stqrg.html>

If you require further assistance please contact us by sending email to export@cisco.com.

cisco WS-C2960-24TT-L (PowerPC405) processor (revision G0) with 65536K bytes of memory.
!Объем DRAM

Processor board ID FOC1404Y5WV

Last reset from power-on

1 Virtual Ethernet interface

24 FastEthernet interfaces

2 Gigabit Ethernet interfaces

The password-recovery mechanism is enabled.

64K bytes of flash-simulated non-volatile configuration memory. !Объем NVRAM

Base ethernet MAC Address	:	30:37:A6:5B:E6:00
Motherboard assembly number	:	73-11473-07
Power supply part number	:	341-0097-02
Motherboard serial number	:	FOC14042AT1
Power supply serial number	:	DCA13528M4Y
Model revision number	:	G0
Motherboard revision number	:	B0
Model number	:	WS-C2960-24TT-L
System serial number	:	FOC1404Y5WV
Top Assembly Part Number	:	800-29859-03
Top Assembly Revision Number	:	E0
Version ID	:	V06
CLEI Code Number	:	COMFY00BRA
Hardware Board Revision Number	:	0x01

Switch Ports Model	SW Version	SW Image
-----	-----	-----
* 1 26 WS-C2960-24TT-L	15.0(2)SE11	C2960-LANBASEK9-M !

!Сводная информация о модели и IOS

Press RETURN to get started! !До вопроса о конфигурационном диалоге

```
*Mar 1 00:00:34.166: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Vlan1, changed state to down
*Mar 1 00:00:34.275: %SMI-5-CLIENT: Smart Install Client feature is enabled. It is recommended to disable the Smart Install feature when it is not actively used. To disable feature execute 'no vstack' in configuration mode
*Mar 1 00:00:35.483: %SPANTREE-5-EXTENDED_SYSID: Extended SysId enabled for type vlan
*Mar 1 00:00:36.515: %DC-4-FILE_OPEN_WARNING: Not able to open flash:/dc_profile_dir/dc_default_profiles.txt
*Mar 1 00:00:36.515: %DC-6-DEFAULT_INIT_INFO: Default Profiles DB not loaded.
*Mar 1 00:00:58.460: %SYS-5-RESTART: System restarted --
Cisco IOS Software, C2960 Software (C2960-LANBASEK9-M), Version 15.0(2)SE11, RELEASE SOFTWARE (fc3)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2017 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Sat 19-Aug-17 09:34 by prod_rel_team
*Mar 1 00:00:59.416: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/3, changed state to up
*Mar 1 00:01:00.423: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/3, changed state to up
```

--- System Configuration Dialog ---

Enable secret warning

In order to access the device manager, an enable secret is required
If you enter the initial configuration dialog, you will be prompted for the enable secret
If you choose not to enter the intial configuration dialog, or if you exit setup without setting the enable secret,
please set an enable secret using the following CLI in configuration mode--enable secret 0 <cleartext password>

Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: no
Switch>

Switch>

*Mar 1 00:01:19.532: %LINK-5-CHANGED: Interface Vlan1, changed state to administratively down
Switch>

Пример загрузки IOS XE на 3850:

Restricted Rights Legend

Use, duplication, or disclosure by the Government is subject to restrictions as set forth in subparagraph (c) of the Commercial Computer Software - Restricted Rights clause at FAR sec. 52.227-19 and subparagraph (c) (1) (ii) of the Rights in Technical Data and Computer Software clause at DFARS sec. 252.227-7013.

cisco Systems, Inc.
170 West Tasman Drive
San Jose, California 95134-1706

Cisco IOS Software [Everest], Catalyst L3 Switch Software (CAT3K_CAA-UNIVERSALK9-M), Version 16.6.5, RELEASE SOFTWARE (fc3)
Technical Support: <http://www.cisco.com/techsupport>
Copyright (c) 1986-2018 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Mon 10-Dec-18 11:34 by mcpred

Cisco IOS-XE software, Copyright (c) 2005-2018 by cisco Systems, Inc.
All rights reserved. Certain components of Cisco IOS-XE software are
licensed under the GNU General Public License ("GPL") Version 2.0. The

software code licensed under GPL Version 2.0 is free software that comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY. You can redistribute and/or modify such GPL code under the terms of GPL Version 2.0. For more details, see the documentation or "License Notice" file accompanying the IOS-XE software, or the applicable URL provided on the flyer accompanying the IOS-XE software.

% Checking backup nvram
% No config present. Using default config

FIPS: Flash Key Check : Begin
FIPS: Flash Key Check : End, Not Found, FIPS Mode Not Enabled

This product contains cryptographic features and is subject to United States and local country laws governing import, export, transfer and use. Delivery of Cisco cryptographic products does not imply third-party authority to import, export, distribute or use encryption. Importers, exporters, distributors and users are responsible for compliance with U.S. and local country laws. By using this product you agree to comply with applicable laws and regulations. If you are unable to comply with U.S. and local laws, return this product immediately.

A summary of U.S. laws governing Cisco cryptographic products may be found at:
<http://www.cisco.com/wwl/export/crypto/tool/stqrg.html>

If you require further assistance please contact us by sending email to export@cisco.com.

cisco WS-C3850-24XU (MIPS) processor (revision D0) with 853097K/6147K bytes of memory.
Processor board ID FOC2229U0VB
2048K bytes of non-volatile configuration memory.
4194304K bytes of physical memory.
257008K bytes of Crash Files at crashinfo:.
1590435K bytes of Flash at flash:.
0K bytes of WebUI ODM Files at webui:.

Base Ethernet MAC Address : 18:8b:45:53:d3:00
Motherboard Assembly Number : 73-15756-05
Motherboard Serial Number : FOC2229A59Q
Model Revision Number : D0
Motherboard Revision Number : A0
Model Number : WS-C3850-24XU
System Serial Number : FOC2229U0VB

%INIT: waited 0 seconds for NVRAM to be available

--- System Configuration Dialog ---

Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: no

Would you like to terminate autoinstall? [yes]: yes

Press RETURN to get started!

*Sep 4 08:53:43.007: %SSH-5-ENABLED: SSH 1.99 has been enabled
*Sep 4 08:53:48.423: %PLATFORM_PM-6-FRULINK_INSERTED: 8x10G uplink module inserted in the switch 1 slot 1
Switch>
*Sep 4 08:53:56.728: %PNP-6-PNP_DISCOVERY_STOPPED: PnP Discovery stopped (Config Wizard)
...

По понятным причинам, ОС IOS XE более громоздка с сравнении с IOS. IOS XE может быть установлена на коммутатор – режим `install`. Процесс установки сильно упрощен в сравнении с процессом установки Linux. Альтернативно, IOS XE может быть загружена традиционно с использованием бинарного образа – режим `bundle`. Необходимое файловое окружение воссоздается (на накопителе все равно будет достаточно много файлов). Режим `install` позволяет ускорить загрузку и более эффективно использовать память (программные пакеты не распаковываются в память, а хранятся на накопителе в виде файлов `.cfg`). Коммутаторы соответствующих серий поставляют с IOS XE в режиме `install`. На маршрутизаторах режим `install` не доступен (по крайней мере пока).

6.3 Команды

Пример состояния файловых систем, доступных на 2960:

```
Switch#show file systems
File Systems:

*      Size(b)     Free(b)      Type   Flags   Prefixes
*    32514048     20678144     flash   rw     flash:
      -           -   opaque   rw     vb:
      -           -   opaque   ro     bs:
      -           -   opaque   rw     system:
      -           -   opaque   rw     tmpsys:
    65536       64460      nvram   rw     nvram:
      -           -   opaque   ro     xmodem:
      -           -   opaque   ro     ymodem:
      -           -   opaque   rw     null:
      -           -   opaque   ro     tar:
      -           -   network  rw     tftp:
      -           -   network  rw     rcp:
      -           -   network  rw     http:
      -           -   network  rw     ftp:
      -           -   network  rw     scp:
      -           -   network  rw     https:
      -           -   opaque   ro     cns:
```

Пример состояния файловых систем, доступных на 3650:

```
Switch#show file systems
File Systems:

      Size(b)     Free(b)      Type   Flags   Prefixes
      -           -   opaque   rw     system:
      -           -   opaque   rw     tmpsys:
*    148750336     102870016     disk   rw     crashinfo:
*    3572699136     2971398144     disk   rw     flash:
    1835507712     1721864192     disk   ro     webui:
      -           -   opaque   rw     null:
      -           -   opaque   ro     tar:
      -           -   network  rw     tftp:
    2097152       2084194      nvram   rw     nvram:
      -           -   opaque   wo     syslog:
      -           -   network  rw     rcp:
```

```

-           -   network      rw   http:
-           -   network      rw   ftp:
-           -   network      rw   scp:
-           -   network      rw   https:
-           -   opaque       ro   cns:

```

Примеры команд IOS:

```

Switch#dir
Directory of flash:/

2 drwx        256  Mar 1 1993 00:16:01 +00:00  c2960-lanbasek9-mz.150-2.S
E11
588 -rwx       107  Mar 1 1993 00:19:53 +00:00  info
589 -rwx      1315  Mar 1 1993 00:22:57 +00:00  config.text !
                                                !startup-config из NVRAM
590 -rwx       5    Mar 1 1993 00:22:57 +00:00  private-config.text
591 -rwx     2072  Mar 1 1993 00:22:57 +00:00  multiple-fs

32514048 bytes total (16463360 bytes free)

```

```

Switch#dir flash:/c2960-lanbasek9-mz.150-2.SE11
Directory of flash:/c2960-lanbasek9-mz.150-2.SE11

3 -rwx       537  Mar 1 1993 00:14:48 +00:00  info
4 -rwx     68774  Mar 1 1993 00:14:49 +00:00  dc_default_profiles.txt
5 drwx      4992  Mar 1 1993 00:16:01 +00:00  html !Web-интерфейс
587 -rwx   11832946 Mar 1 1993 00:19:53 +00:00  c2960-lanbasek9-mz.150-2.S
E11.bin !Образ IOS

32514048 bytes total (16463360 bytes free)

```

```

Switch#dir nvram:
Directory of nvram:/

62 -rw-      1315          <no date>  startup-config
63 ----      5            <no date>  private-config
2 -rw-       0            <no date>  ifIndex-table

65536 bytes total (62116 bytes free)

```

```

3650#dir
Directory of flash:/

158408 -rw-      407449018 Sep 14 2020 18:20:53 +03:00  cat3k caa-universalk
9.16.06.07.SPA.bin !Образ IOS XE (режим bundle)
198001 drwx     4096  Mar 27 2021 16:27:08 +03:00  .installer
158403 -rw-     2097152 Mar 27 2021 16:29:08 +03:00  nvram_config !NVRAM
158409 -rw-     2097152 Mar 27 2021 16:29:08 +03:00  nvram_config_bkup
158402 -rw-      259   Mar 27 2021 16:27:09 +03:00  bootloader_evt_handler.log
158404 drwx     4096  Sep 14 2020 18:31:07 +03:00  core
166321 drwx     4096  Sep 14 2020 18:26:49 +03:00  .prst_sync
182161 drwx     4096  Sep 14 2020 18:28:21 +03:00  .rollback_timer
11 drwx     4096  Sep 14 2020 18:28:26 +03:00  gs_script
7921 drwx     4096  Mar 27 2021 16:27:19 +03:00  dc_profile_dir
158405 -rw-     128103 Mar 27 2021 16:27:36 +03:00  memleak.tcl
158407 -rw-      35    Sep 15 2020 10:09:21 +03:00  pnp-tech-time
158410 -rw-     60116  Sep 15 2020 10:09:30 +03:00  pnp-tech-discovery-summary
158411 -rw-      736   Oct  9 2020 16:15:19 +03:00  vlan.dat !Если

```

! созданы виланы

3572699136 bytes total (2971398144 bytes free)

6.4 Порты

Примеры конфигурирования физических параметров портов коммутаторов Cisco:

```
Switch(config)#interface range gi0/1,gi0/11-12
Switch(config-if-range)#no negotiation
Switch(config-if-range)#speed 1000
Switch(config-if-range)#duplex full
Switch(config-if-range)#no mdix auto
Switch(config-if-range)#exit

Switch(config)#interface gi1/1
Switch(config-if)#media-type sfp
Switch(config-if)#exit

Switch(config)#interface gi1/0/1
Switch(config-if)#flowcontrol receive on
Switch(config-if)#exit

Switch(config)#interface range gi0/1 - 10
Switch(config-if-range)#power inline never !Отключить PoE
Switch(config-if-range)#exit
```

Конечно, набор доступных команд зависит от вида порта коммутатора либо маршрутизатора, и версии IOS.

Ниже приведена конфигурация по умолчанию (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Конфигурация порта (Ethernet) коммутатора Cisco по умолчанию

Возможность	Состояние по умолчанию
1	2
Operating mode	L2 (порт коммутатора, команда switchport)
Port enable state	Порт разрешен (административно включен)
Port description	Текстового комментария нет
Speed	Автосогласование скорости
Duplex mode	Автосогласование дуплексности
Flow control	Контроль потока в направлении приема отключен (в направлении передачи отключен всегда)
Port Blocking (unknown multicast and unknown unicast traffic)	Возможность Port Blocking запрещена (блокирования нет)
Broadcast, multicast, and unicast storm control	Возможность сдерживания шторма кадров запрещена
Protected Port	Возможность Protected Port запрещена
Port Security	Возможность Port Security запрещена
PortFast	Возможность PortFast запрещена

1	2
Auto-MDIX	Разрешено
Power over Ethernet (PoE)	Разрешено (авто)
Keep-alive messages	Сообщения keep-alive запрещены (если модуль SFP) либо разрешены (иначе)

Для привязки статических MAC-адресов к портам используют команду mac-address-table static.

Примеры команд IOS:

```
Switch(config)#mac-address-table static 12ab.47dd.ff89 vlan 503 interface fa0/1
```

Для просмотра CAM-таблицы используют команду show mac address-table.

Примеры команд IOS:

```
Switch#show mac address-table
      Mac Address Table
```

Vlan	Mac Address	Type	Ports
All	0100.0ccc.cccc	STATIC	CPU !Должен обработать сам коммутатор
All	0100.0ccc.cccd	STATIC	CPU ! (входит в мультикаст-группы служебных
All	0180.c200.0000	STATIC	CPU ! протоколов второго уровня)
...			
All	0180.c200.0010	STATIC	CPU
All	<u>ffff.ffff.ffff</u>	STATIC	CPU !Также должен обработать сам !коммутатор (управляемый) (свои L3- !интерфейсы не отображены)
500	0019.d102.ce0a	DYNAMIC	Gi0/4
500	001c.c06e.f7cb	DYNAMIC	Gi0/11
500	0022.4d80.e641	DYNAMIC	<u>Gi0/10</u> !Порт соединен с портом другого
500	0027.0e1f.af88	DYNAMIC	<u>Gi0/10</u> !коммутатора (либо портом
500	baf6.8503.3c6a	DYNAMIC	Gi0/10 !«продвинутого» устройства)
502	001b.2122.8e77	DYNAMIC	Gi0/2
502	009e.1e8e.edcf	DYNAMIC	<u>Po1</u> !EtherChannel (агрегированный канал)
...			
508	0025.906c.ea64	DYNAMIC	Gi0/8
Total Mac Addresses for this criterion: 51			

```
3650#show mac address-table
      Mac Address Table
```

Vlan	Mac Address	Type	Ports
All	0100.0ccc.cccc	STATIC	CPU
...			
All	0180.c200.0021	STATIC	CPU
All	<u>ffff.ffff.ffff</u>	STATIC	CPU
1	<u>00a3.8e8d.72c7</u>	STATIC	<u>Vl1</u> !Должен обработать сам коммутатор !(свой L3-интерфейс)
1	188b.4553.d357	DYNAMIC	Gi1/0/11
...			
Total Mac Addresses for this criterion: 224			

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Одом, Уэнделл Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCENT/CCNA ICND1 100-105: Академическое издание / Уэнделл Одом. – М. : Вильямс, 2017. – 1088 с.
- [2] Одом, Уэнделл Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND2 200-105: Академическое издание / Уэнделл Одом. – М. : Вильямс, 2018. – 1008 с.
- [3] Products, Solutions, and Services - Cisco [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/index.html>. – Дата доступа: 31.05.2021.
- [4] Cisco 2800 Series Hardware Installation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 28hwinst.pdf.
- [5] Cisco 2900 and 3900 Series Hardware Installation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/access/2900/hardware/installation/guide/Hardware_Installation_Guide.pdf.
- [6] Hardware Installation Guide for Cisco 4000 Series Integrated Services Routers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: C4400_isr.pdf.
- [7] Catalyst 2960 Switch Hardware Installation Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: 2960_hg.pdf.
- [8] Getting Started with GNS3 | GNS3 Documentation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.gns3.com/docs/>. – Дата доступа: 31.05.2021.
- [9] IP Addressing: IPv4 Addressing Configuration Guide, Cisco IOS Release 15M&T [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ipv4-15-mt-book.pdf.
- [10] IP Routing: Protocol-Independent Configuration Guide, Cisco IOS Release 15M&T [Электронный ресурс]. – Режим доступа: iri-ip-prot-indep.pdf.
- [11] IP Addressing: DHCP Configuration Guide, Cisco IOS Release 15M&T [Электронный ресурс]. – Режим доступа: dhcp-15-mt-book.pdf.
- [12] IPv6 Addressing and Basic Connectivity Configuration Guide, Cisco IOS Release 15M&T [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ip6b-15-mt-book.pdf.
- [13] Catalyst 2960, 2960-S, 2960-C, and 2960-Plus Switches Software Configuration Guide, Cisco IOS Release 15.0(2)SE and Later [Электронный ресурс]. – Режим доступа: scg2960.pdf.
- [14] Cisco IOS Master Command List, All Releases [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/mcl/allreleaseemcl/all-book.html>. – Дата доступа: 31.05.2021.