

Понятие маршрутизации



Успешно сдайте бесплатный сертификационный экзамен в Академии "Инфинет" и получите статус сертифицированного инженера Инфинет.

[Пройти сертификационный экзамен](#)

Содержание

- [Введение](#)
- [Терминология](#)
- [Коммутация](#)
- [Маршрутизация](#)
 - [Протокол IP](#)
 - [IP-адрес](#)
 - [Маска сети](#)
 - [Типы адресов](#)
 - [Место маршрутизатора в сети](#)
 - [Таблица маршрутизации](#)
 - [Использование таблицы маршрутизации](#)
 - [Примеры использования таблицы маршрутизации](#)
 - [Заполнение таблицы маршрутизации](#)
- [Таблица маршрутизации в устройствах Инфинет](#)
 - [Отображение таблицы маршрутизации](#)
 - [Таблица маршрутизации устройств семейств InfiLINK 2x2, InfiMAN 2x2, InfiLINK Evolution, InfiMAN Evolution](#)
 - [Таблица маршрутизации устройств семейств InfiLINK XG, InfiLINK XG 1000](#)
 - [Таблица маршрутизации устройств семейств Vector 5, Vector 6, Vector 70](#)
- [Дополнительные материалы](#)
 - [Вебинары](#)
 - [Прочее](#)

Введение

Основной задачей коммутаторов является обеспечение связности узлов в рамках одной сети (см. [Коммутация в устройствах семейств InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2](#)). Для организации связи между сетями необходимо использовать другой класс устройств, называемых маршрутизаторами (см. рисунок 1). В статье будут рассмотрены сценарии использования и конфигурация устройств Инфинет различных семейств, используемых в качестве маршрутизаторов.

Терминология

- **Коммутация** - процесс соединения абонентов через промежуточные устройства. В большинстве современных сетей коммутация кадров выполняется на основе заголовка Ethernet (MAC-адрес назначения и идентификатор vlan). В примере (рис. 1а) обмен данными между ПК-1 и ПК-2 выполняется на основании MAC-адресов. В рамках статьи термины коммутация и L2-технология передачи данных тождественны.
- **Коммутатор** - устройство, выполняющее коммутацию.
- **Маршрутизация** - процесс определения пути передачи данных между узлами разных сетей, являющимся лучшим по одному из критериев. В большинстве современных сетей маршрутизация пакетов выполняется на основе заголовка IP (IP-адрес получателя). В примере (рис.1б) обмен данными между ПК-1 и ПК-3 выполняется на основании IP-адресов. В рамках статьи термины маршрутизация и L3-технология передачи данных тождественны.
- **Маршрутизатор** - устройство, выполняющее маршрутизацию.
- **Локальная сеть** - часть сети, находящаяся в зоне ответственности организации. Распределением IP-адресов для устройств в такой сети занимаются сотрудники организации, поэтому возникновение конфликта адресов маловероятно.
- **Глобальная сеть** - сеть, имеющая мировые масштабы. Как правило, под глобальной сетью понимают Интернет. Поскольку к глобальной сети подключено множество локальных сетей, то распределение IP-адресов выполняется централизованно специальными организациями.

Коммутация

Поясним разницу при обработке служебных заголовков для передачи данных средствами коммутации и маршрутизации на примере (рис. 1).

В сценарии, когда ПК-1 отправляет данные ПК-2 (рис. 1а), ПК-1 заполняет служебные поля следующим образом:

- MAC-адрес получателя: MAC-адрес ПК-2 - MAC-2;
- MAC-адрес отправителя: MAC-адрес ПК-1 - MAC-1;
- IP-адрес получателя: IP-адрес ПК-2 - IP-2;
- IP-адрес отправителя: IP-адрес ПК-1 - IP-1.

Коммутатор, получив кадр от ПК-1, перенаправляет его ПК-2 в соответствии с таблицей коммутации. Таким образом, передача данных выполняется на основании служебного заголовка Ethernet, т.к. на канальном уровне. Такой механизм называется коммутацией.

В сценарии, когда ПК-1 отправляет данные ПК-3 (рис. 16), ПК-1 заполняет служебные поля кадра следующим образом:

- MAC-адрес получателя: MAC-адрес маршрутизатора - MAC-R2;
- MAC-адрес отправителя: MAC-адрес ПК-1 - MAC-1;
- IP-адрес получателя: IP-адрес ПК-3 - IP-3;
- IP-адрес отправителя: IP-адрес ПК-1 - IP-1.

Коммутатор, получив такой кадр, передаёт его маршрутизатору, в соответствии с таблицей коммутации. Маршрутизатор, приняв кадр, декапсулирует IP-пакет и передаёт его в LAN-2. При этом служебные заголовки будут установлены следующим образом:

- MAC-адрес получателя: MAC-адрес ПК-3 - MAC-3;
- MAC-адрес отправителя: MAC-адрес маршрутизатора - MAC-R2;
- IP-адрес получателя: IP-адрес ПК-3 - IP-3;
- IP-адрес отправителя: IP-адрес ПК-1 - IP-1.

Следует отметить, что заголовок IP-пакета оставлен без изменений, а MAC-адреса получателя и отправителя в заголовке Ethernet-кадра изменены. Эта операция выполнена поскольку MAC-адреса используются для передачи данных в рамках одной локальной сети, т.е. при передаче данных между разными локальными сетями, MAC-адреса всегда будут заменены. Такой механизм передачи данных называется маршрутизацией.

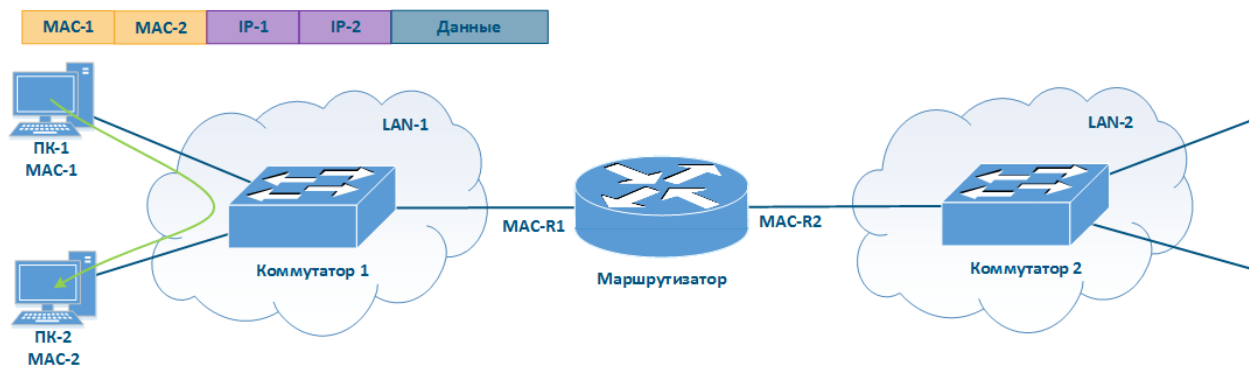


Рисунок 1а - Пример передачи данных от ПК-1 к ПК-2

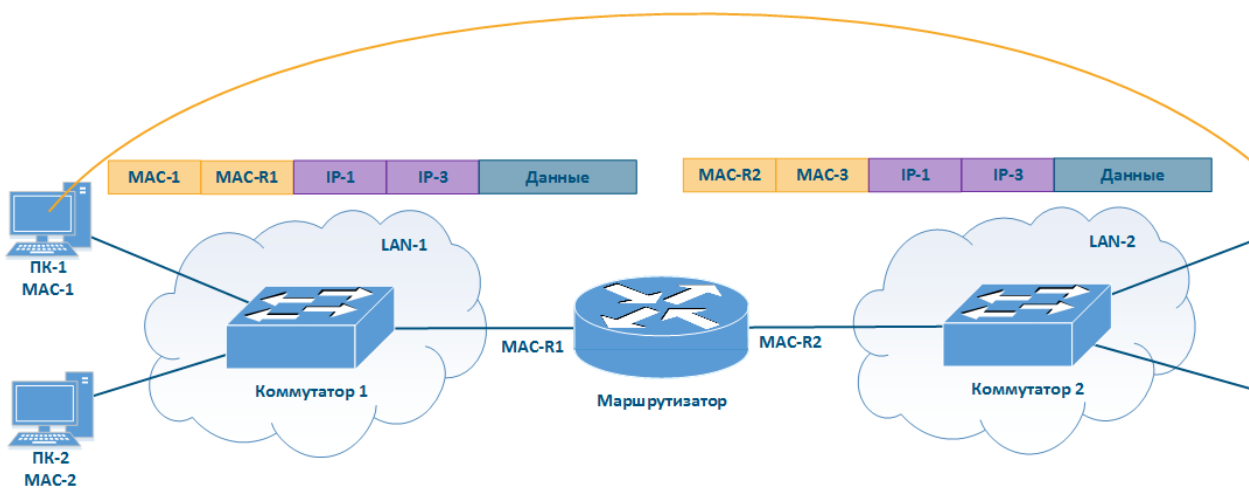


Рисунок 16 - Пример передачи данных от ПК-1 к ПК-3

Маршрутизация

Основной функцией сетей является возможность организации связи между произвольными узлами, подключенными к этой сети. Использование для этих задач технологий коммутации пакетов, ассоциируемых с канальным уровнем модели сетевого взаимодействия, имеет ряд недостатков:

- При использовании некоторых протоколов канального уровня, например Ethernet, существует риск возникновения петель. Риск может быть минимизирован с использованием сторонних инструментов, например протокола STP, однако не ограничивается стандартными средствами Ethernet.
- Объем широковещательного трафика зависит от числа устройств, подключенных к сети. Для того, чтобы объем широковещательного трафика в общей доле трафика не был велик, число устройств, подключенных к одному широковещательному домену ограничивают. Таким образом, все сетевые устройства не могут быть подключены к одному широковещательному домену, что делает использование канальных протоколов невозможным для организации глобальной связности устройств.
- Коммутаторы при передаче данных оперируют Ethernet-кадрами, в заголовках которых содержатся MAC-адреса устройств, являющихся отправителем и получателем. Каждая из записей таблицы коммутации содержит MAC-адрес интерфейса устройства и не поддерживает механизм группирования этих адресов. Таким образом, обеспечения глобальной связности потребует наличия таблиц коммутации, включающих в себя MAC-адреса всех устройств в мире, на каждом из сетевых узлов.

Данных недостатков лишен протокол сетевого уровня IP, который широко используется для обеспечения связности в крупных и глобальных сетях. Протокол IP не является заменой Ethernet, эти протоколы работают совместно и выполняют разные функции: Ethernet обеспечивает передачу данных в рамках канала связи, IP - отвечает за глобальную адресацию и связь узлов.

На текущий момент распространение получили две версии протокола IP: IPv4 и IPv6. Поскольку в устройствах Инфинет на текущий момент реализована поддержка только протокола IPv4, то далее будет рассматриваться только эта версия протокола IP.

Протокол IP

IP-адрес

Протокол IP предусматривает использование 32 бит для адресации узлов в сети, которые принято делить на четыре октета и записывать в десятичной форме, разделяя октеты точками (рис. 2). Примеры записи IP-адресов:

- 10.94.200.7
- 192.17.0.0
- 201.15.2.255

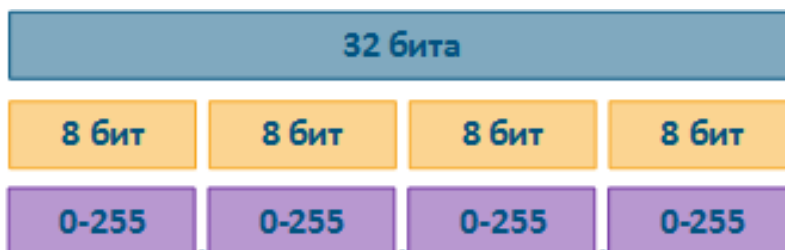


Рисунок 2 - Структура IP-адреса

Маска сети

Протокол IP предусматривает группировку адресов в сети с помощью масок сети. Маска сети применяется по отношению к IP-адресу, разделяя его на две части: идентификатор сети и идентификатор узла. Устройства, подключенные к одной сети, будут иметь одинаковый идентификатор сети и различные идентификаторы узлов. Для того, чтобы идентификатор сети на всех устройствах совпадал, необходимо использовать одинаковые значения маски сети при настройке устройств. Множество идентификаторов узлов позволяют сделать вывод о количестве устройств, которые могут быть подключены к этой сети, и их IP-адресам.

Маска сети имеет размер 32 бита и записывается в таком же формате, как IP-адрес, однако имеет одно отличие: маска состоит из последовательности единичных битов, за которыми следуют нулевые биты, т.е. набор масок предустановлен и состоит из 33 значений: от 0 до 32. Конечный диапазон возможных значений позволяет записывать маску сети в сокращенном формате, в котором через косую черту указывается количество единичных бит в маске (см. таблицу ниже).

Единичные биты в маске сети определяют идентификатор сети: разряды IP-адреса, соответствующие единичным битам маски, должны быть зафиксированы и не могут быть изменены. Остальные разряды IP-адреса, соответствующие нулевым битам маски, могут принимать произвольные значения и определяют идентификатор узла.

При конфигурации устройств, подключенных к сети, IP-адреса не используются в отрыве от маски сети, т.к. правила маршрутизации подразумевают разный подход при передаче данных устройству из "своей" сети и остальным устройствам (см. [Коммутация](#)). Следует иметь в виду, что маска сети указывается в конфигурации устройств и не передается в служебном заголовке IP-пакета.

Пример	Параметр	Десятичный формат записи	Двоичный формат записи	Сокращённый формат записи
Пример 1	IP-адрес	10.94.200.7	00001010.01011110.11001000.00000111	-
	Маска сети	255.255.255.0	11111111.11111111.11111111.00000000	/24
	Минимальный адрес	10.94.200.0	00001010.01011110.11001000.00000000	-
	Максимальный адрес	10.94.200.255	00001010.01011110.11001000.11111111	-
Пример 2	IP-адрес	192.17.0.0	11000000.00010001.00000000.00000000	-
	Маска сети	255.255.255.252	11111111.11111111.11111111.11111100	/30
	Минимальный адрес	192.17.0.0	11000000.00010001.00000000.00000000	-
	Максимальный адрес	192.17.0.3	11000000.00010001.00000000.00000011	-

Таблица 1 - Примеры использования маски сети

Типы адресов

Пространство IP-адресов можно разделить по нескольким критериям:

- по области применения;
- по принадлежности.

По области применения адреса можно разделить на две большие группы: публичные и частные (рис. 3). Глобальная связность может быть организована только между публичными адресами, т.е. частная адресация используется в локальной сети предприятия, а публичная - в сети Интернет. Публичный адрес является уникальным, а частные адреса можно переиспользовать, т.е. устройства ПК-2 и ПК-6 могут иметь одинаковые адреса и это не является проблемой, т.к. связность между локальными сетями LAN-1 и LAN-2 отсутствует. Однако, адресация в рамках одной локальной сети должна быть уникальна, т.е. адреса ПК-5 и ПК-6 должны отличаться.

Помимо публичных и частных адресов выделяют несколько служебных диапазонов, которые используются, например, для передачи трафика группового вещания, трафика петлевых интерфейсов и т.д.

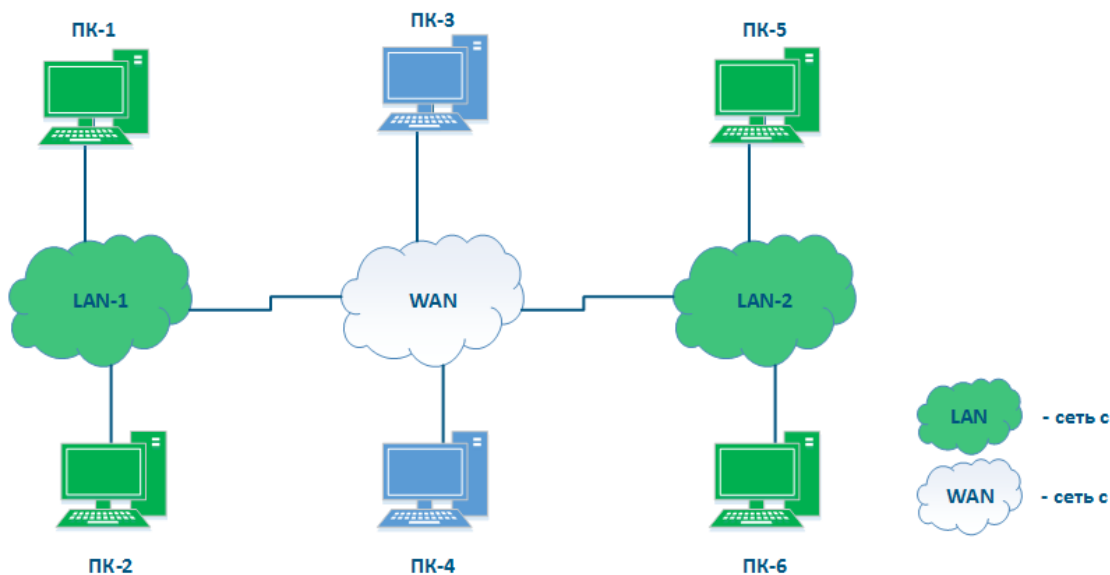


Рисунок 3 - Пример соединения сетей различного типа

По принадлежности в любой сети можно выделить следующие адреса:

- **Адрес сети:** адрес, закреплённый за этой сетью. Зачастую адрес сети используется в таблицах маршрутизации устройств, как будет показано далее. В качестве адреса сети используется наименьший адрес из диапазона разрешённых: в примере 1 - 10.94.200.0, в примере 2 - 192.17.0.0.

- **Широковещательный адрес:** адрес, получателями которого являются все устройства, подключенные к сети. Пакет, в котором в качестве получателя указан широковещательный адрес сети, будет доставлен всем устройствам, подключенным к этой сети. В качестве широковещательного адреса используется наибольший адрес из диапазона разрешённых: в примере 1 - 10.94.200.255, в примере 2 - 192.17.0.3.
- **Адреса узлов:** адреса, которые можно использовать для назначения сетевым интерфейсам устройств, которые подключены к сети. В качестве адресов узлов можно использовать все разрешённые адреса, кроме адреса сети и широковещательного адреса: в примере 1 - 10.94.200.1-10.94.200.254, в примере 2 - 192.17.0.1-192.17.0.2.

Место маршрутизатора в сети

На рисунке 3 отсутствуют элементы, которые связывают сети друг с другом и позволяют передавать данные между сетями, используя IP-адресацию. Такие элементы называются маршрутизаторами (рис. 4). В общем случае маршрутизатор объединяет несколько сетей произвольного типа, а не публичную и частную, как это показано в примере.

Можно выделить следующие ключевые особенности маршрутизаторов:

- Основная функция маршрутизатора - передача данных между сетями, к которым он подключен.
- Подключение маршрутизатора к сети выполняется через подключение к сети одного из интерфейсов маршрутизатора и назначение этому интерфейсу IP-адреса из диапазона разрешённых. В качестве интерфейса может быть использован как физический, так и виртуальный интерфейс.
- При передаче данных маршрутизатор руководствуется [таблицей маршрутизации](#).
- Данные внутри сети передаются с использованием технологии коммутации, а между сетями - маршрутизации, т.е. протоколы IP и Ethernet, как было сказано ранее, дополняют друг друга.
- Для пользовательских данных маршрутизатор является промежуточным устройством и не изменяет адреса источника и получателя. IP-адреса источника и получателя устанавливает источник пакета.
- При поиске получателя в таблице маршрутизации, маршрутизатор анализирует только адрес получателя. Адрес источника в служебном заголовке устанавливается для того, чтобы получатель мог отправить ответный пакет.
- Таблица маршрутизации присутствует не только в специализированных сетевых устройствах, но и конечных узлах. Например, на ПК под управлением ОС Windows таблицу маршрутизации можно увидеть, выполнив команду "route print" в командной строке.

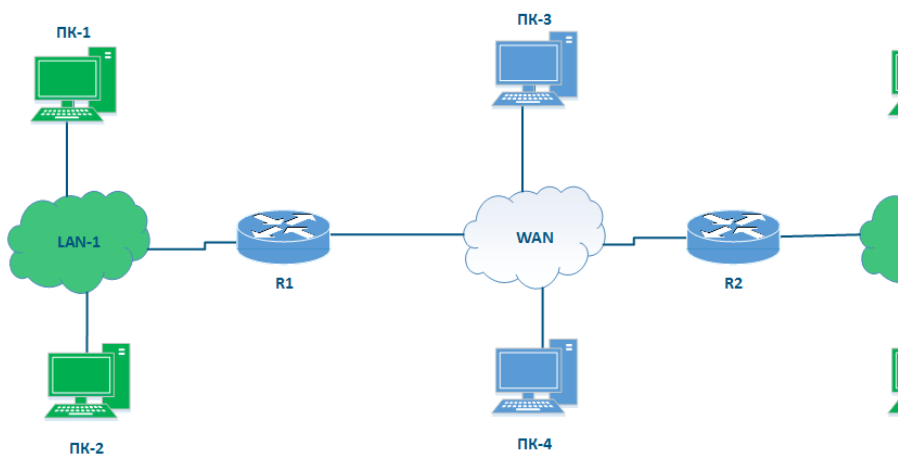


Рисунок 4 - Место маршрутизатора в сети

Таблица маршрутизации

Рассмотрим схему сети (рис. 5), включающую в себя следующие элементы:

- Локальная сеть LAN-1 для подключения пользовательских устройств ПК-1 и ПК-2:
 - в сети используется адресация 192.168.1.0/24;
 - ПК-1 ассоциирован с адресом 192.168.1.10/24;
 - ПК-2 ассоциирован с адресом 192.168.1.20/24;
 - R1 ассоциирован с адресом 192.168.1.1/24.
- Локальная сеть LAN-3 для подключения пользовательских устройств ПК-3 и ПК-4:
 - в сети используется адресация 172.16.3.0/28;
 - ПК-3 ассоциирован с адресом 172.16.3.2/28;
 - ПК-4 ассоциирован с адресом 172.16.3.4/28;
 - R3 ассоциирован с адресом 172.16.3.1/28.
- Локальная сеть LAN-2 для соединения маршрутизаторов R1, R2 и R3 между собой:
 - в сети используется адресация 10.10.2.0/29;
 - R1 ассоциирован с адресом 10.10.2.1/29;

- R2 ассоциирован с адресом 10.10.2.2/29;
- R3 ассоциирован с адресом 10.10.2.3.
- Подключение маршрутизатора R2 к глобальной сети WAN:
 - на интерфейсе eth0, подключенному к WAN назначен адрес 45.94.77.7/25.

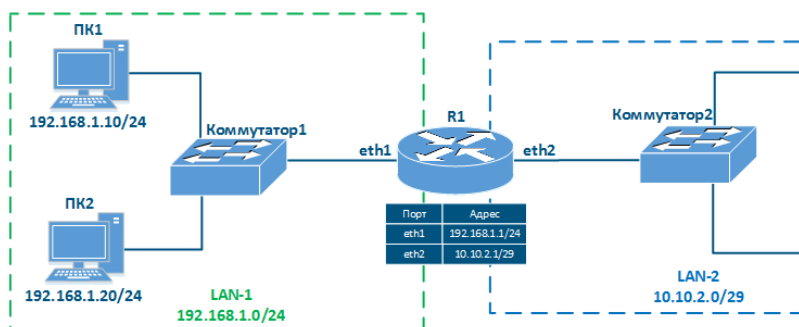


Рисунок 5 - Пример схемы сети

Таблица маршрутизации представляет собой адресный справочник сетей. В ней указывается местонахождение сетей, используемое при передаче пакетов. В таблице маршрутизации может отсутствовать точное местонахождение той или иной сети, однако обязательно указан сетевой интерфейс, через который пролегает путь в сеть назначения. Такая логика используется всеми маршрутизаторами на пути следования трафика, т.е. если на пути прохождения пакета расположено 8 маршрутизаторов, то каждый из них обладает информацией только о следующем маршрутизаторе по ходу следования и эта информация содержится в таблице маршрутизации.

Таблица маршрутизации включает в себя следующие колонки (таблица 2а-в):

- **Адрес сети:** адрес получателя пакета, указанный в служебном заголовке, проверяется на принадлежность сети, адрес которой указан в таблице. В случае, если получатель принадлежит данной сети, то для передачи данных может быть использована текущая запись таблицы.
- **Адрес шлюза:** адрес следующего маршрутизатора, которому будет передан пакет.
- **Выходной интерфейс:** сетевой интерфейс, через который будет отправлен пакет.
- **Distance:** в сетях с избыточным числом каналов связи существует несколько путей к одной и той же сети. Эти маршруты могут быть получены из одного или **нескольких источников**, однако в таблицу маршрутизации должен быть помещён только один из этих маршрутов. Для приоритизации маршрутов из разных источников используется параметр Administrative Distance (или Distance), который можно трактовать как уровень доверия этому источнику. В таблицу маршрутизации будет добавлен маршрут от источника с наименьшим значением Distance, т.к. меньшее значение Distance означает больший уровень доверия. Для значений Distance сформулированы общие рекомендации, которым следуют большинство производителей сетевого оборудования (таблица 3).
- **Метрика:** маршрут к одной и той же сети, может быть получен не только от разных источников, как упомянуто выше, но и от одного. Для приоритизации этих маршрутов при добавлении в таблицу маршрутизации используются метрики. Каждый из источников маршрутов выполняет расчёт метрики с использованием разных алгоритмов, поэтому метрики различных источников нельзя сравнивать напрямую.

Маршрутизатор R1

Сети	Адрес шлюза	Выходной интерфейс	Distance	Метрика
0.0/0	10.10.2.2	eth2	110	24
3.0/30	10.10.2.3	eth2	1	55
2.0/29	-	eth2	0	10
3.0/28	10.10.2.3	eth2	110	35
8.1.0/24	-	eth1	0	10

Таблица 2а - Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора R1

Маршрутизатор R2

Сети	Адрес шлюза	Выходной интерфейс	Distance	Метрика
0.0/0	45.94.77.1/25	eth0	20	177
8.1.0/24	10.10.2.1/29	eth2	110	47
10.2.0/29	-	eth2	0	19
10.3.0/28	10.10.2.3	eth2	110	24
10.77.0/25	-	eth0	0	5

Таблица 2б - Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора R2

Маршрутизатор R3

Сети	Адрес шлюза	Выходной интерфейс	Distance	Метрика
0.0/0	10.10.2.2	eth3	110	201
10.2.0/29	-	eth3	0	3
10.5.3.0/28	-	eth1	0	9
10.8.1.0/24	10.10.2.1	eth3	110	27

Таблица 2в - Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора R3

Источник маршрута	Distance
непосредственно подключенные сети	0
статический маршрут	1
External BGP	20
OSPF	110
RIP	120
ODR	160

Таблица 3 - Распределение значений Distance в зависимости от источника маршрута

Использование таблицы маршрутизации

На пути следования пакета каждый из маршрутизаторов применяет алгоритм использования таблицы маршрутизации. Этот алгоритм выглядит следующим образом:

- **Этап 1:** адрес получателя проверяется на принадлежность сетям, записи о которых присутствуют в таблице маршрутизации.
- **Этап 2:** среди записей, удовлетворяющих требованию этапа 1, выбирается "наиболее узкий маршрут", т.е. запись с максимальным значением маски сети. Например, маска /24 уже, чем /8.
- **Этап 3:** если на этапе 2 отобрано несколько записей таблицы маршрутизации с одинаковыми масками сети, выполняется сравнение параметра Distance. Чем меньше значение этого параметра, тем выше приоритет маршрута.
- **Этап 4:** если на этапе 3 отобрано несколько записей таблицы маршрутизации с одинаковыми значениями Distance, выполняется сравнение метрик. Чем меньше значение метрики, тем выше приоритет маршрута.

- **Этап 5:** если ни одна из записей таблицы маршрутизации не удовлетворяет требованиям этапа 1 и отсутствует маршрут по умолчанию, то пакет отбрасывается.

Примеры использования таблицы маршрутизации

Рассмотрим примеры использования таблицы маршрутизации в различных сценариях (рис. 6а-в).

Сценарий 1 - подключение ПК1 к FTP-серверу, запущенному на ПК2 (источник - 192.168.1.10, получатель - 192.168.1.20)

- **Этап 1а:** ПК1 формирует пакет с адресом получателя ПК2 и передаёт его на обработку канальному уровню сетевого интерфейса.
- **Этап 1б:** Канальный уровень сетевого интерфейса ПК1 проверяет принадлежность получателя к сети источника. Поскольку ПК1 и ПК2 принадлежат одной сети, то в заголовке Ethernet устанавливается MAC-адрес сетевого интерфейса ПК2. Сформированный кадр отправляется Коммутатору1.
- **Этап 1в:** Коммутатор передаёт кадр ПК2 в соответствии с таблицей коммутации.

Данные передаются в рамках одной сети с использованием технологий коммутации, поэтому маршрутизатор R1 в этом процессе не участвует.

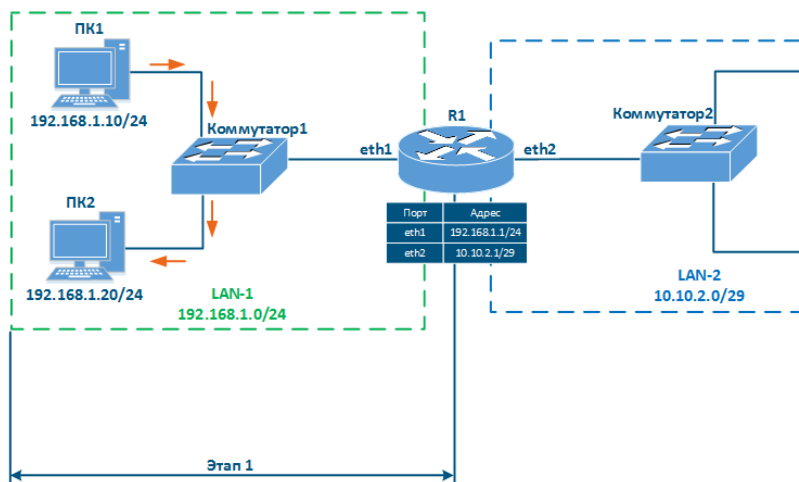


Рисунок 6а - Передача пакета от ПК1

Сценарий 2 - проверка доступности ПК3 со стороны ПК1 (источник - 192.168.1.10, получатель - 172.16.3.2)

- **Этап 1а:** ПК1 формирует пакет с адресом получателя ПК3 и передаёт его на обработку канальному уровню сетевого интерфейса.
- **Этап 1б:** Канальный уровень сетевого интерфейса ПК1 проверяет принадлежность получателя к сети источника. ПК1 и ПК3 принадлежат разным сетям, поэтому в качестве MAC-адреса получателя в заголовке Ethernet указывается MAC-адрес маршрутизатора R1. Сформированный кадр отправляется Коммутатору 1.
- **Этап 1в:** Коммутатор1 передаёт кадр R1 в соответствии с таблицей коммутации.
- **Этап 2а:** Маршрутизатор R1 анализирует таблицу маршрутизации: адресу получателя удовлетворяют две записи, 172.16.3.0/28 и 172.16.3.0/30. Т. к. маска /30 уже, чем /28, то R1 будет перенаправлять пакет в сеть 172.16.3.0/30. Обратите внимание, если бы получателем пакета было устройство ПК4, то использовалась бы другая запись в таблице маршрутизации, несмотря на то, что ПК3 и ПК4 относятся к одной сети.
- **Этап 2б:** Маршрутизатор R1 передаёт кадр Ethernet маршрутизатору R3. IP-адреса источника и получателя остаются без изменений, MAC-адрес источника устанавливается равным MAC-адресу интерфейса eth2 R1, MAC-адрес получателя - MAC-адресу интерфейса eth3 R3.
- **Этап 2в:** Коммутатор передаёт полученный Ethernet-кадр маршрутизатору R3.
- **Этап 3а:** Маршрутизатор R3 анализирует таблицу маршрутизации: адресу получателя удовлетворяет сеть 172.16.3.0/28.
- **Этап 3б:** Маршрутизатор R3 отправляет Ethernet-кадр в направлении Коммутатора3. IP-адреса источника и получателя остаются без изменений, MAC-адрес источника устанавливается равным MAC-адресу интерфейса eth1 R3, MAC-адрес получателя - MAC-адресу интерфейса сетевого интерфейса ПК3.

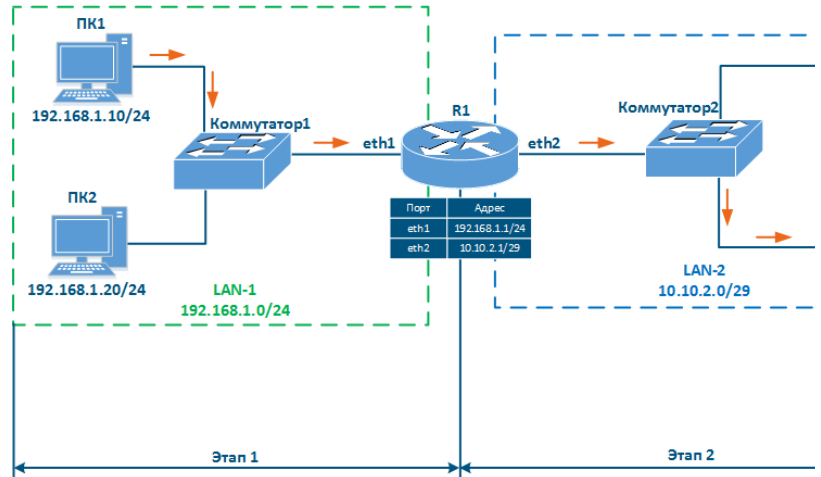


Рисунок 66 - Передача пакета от ПК1

Маршрутизатор R1

Сеть	Адрес шлюза	Выходной интерфейс	Distance	Метрика
10.0.0/0	10.10.2.2	eth2	110	24
16.3.0/30	10.10.2.3	eth2	1	55
10.2.0/29	-	eth2	0	10
16.3.0/28	10.10.2.3	eth2	110	35
192.168.1.0/24	-	eth1	0	10

Таблица 4а - Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора R1

Маршрутизатор R2

Сеть	Адрес шлюза	Выходной интерфейс	Distance	Метрика
10.0.0/0	45.94.77.1/25	eth0	20	177
192.168.1.0/24	10.10.2.1/29	eth2	110	47
10.2.0/29	-	eth2	0	19
16.3.0/28	10.10.2.3	eth2	110	24
45.94.77.0/25	-	eth0	0	5

Таблица 4б - Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора R2

Маршрутизатор R3

Сеть	Адрес шлюза	Выходной интерфейс	Distance	Метрика
10.0.0/0	10.10.2.2	eth3	110	201
10.2.0/29	-	eth3	0	3
16.3.0/28	-	eth1	0	9
192.168.1.0/24	10.10.2.1	eth3	110	27

Таблица 4в - Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора R3

Сценарий 3 - переход на сайт "infinet.ru" с ПК1 (источник - 192.168.1.10, получатель - 82.151.200.119)

- **Этап 1:** ПК1 формирует пакет с адресом получателя 82.151.200.119, что соответствует IP-адресу сервера, по которому доступен сайт infinet.ru. Пакет отправляется маршрутизатору R1.
- **Этап 2:** Маршрутизатор R1 анализирует таблицу маршрутизации: в таблице отсутствуют сети, удовлетворяющие адресу получателя, поэтому необходимо использовать маршрут по умолчанию. Маршрутизатор отправляет пакет в направлении R2.
- **Этап 3:** Маршрутизатор R2 анализирует таблицу маршрутизации: нет записей, удовлетворяющих адресу получателя, поэтому используется маршрут по умолчанию и пакет отправляется на маршрутизатор, находящийся за пределами локальной сети (в сеть WAN).

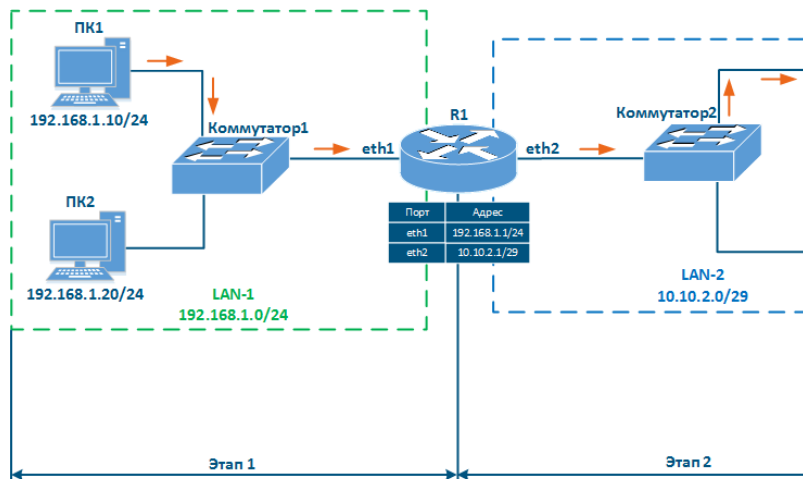


Рисунок 6в - Передача пакета от ПК1 к серверу

Маршрутизатор R1

Сеть	Адрес шлюза	Выходной интерфейс	Distance	Метрика
0.0.0/0	10.10.2.2	eth2	110	24
16.3.0/30	10.10.2.3	eth2	1	55
10.2.0/29	-	eth2	0	10
16.3.0/28	10.10.2.3	eth2	110	35
192.168.1.0/24	-	eth1	0	10

Таблица 4а - Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора R1

Маршрутизатор R2

Сеть	Адрес шлюза	Выходной интерфейс	Distance	Метрика
0.0.0/0	45.94.77.1/25	eth0	20	177
168.1.0/24	10.10.2.1/29	eth2	110	47
10.2.0/29	-	eth2	0	19
16.3.0/28	10.10.2.3	eth2	110	24
177.0/25	-	eth0	0	5

Таблица 4б - Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора R2

Маршрутизатор R3

Сеть	Адрес шлюза	Выходной интерфейс	Distance	Метрика
0.0.0/0	10.10.2.2	eth3	110	201
10.2.0/29	-	eth3	0	3
16.3.0/28	-	eth1	0	9
168.1.0/24	10.10.2.1	eth3	110	27

Таблица 4в - Пример таблицы маршрутизации маршрутизатора R3

Заполнение таблицы маршрутизации

Говоря о механизмах заполнения таблицы маршрутизации стоит ввести два термина:

- **RIB** (routing information base - база данных о маршрутизации) - совокупность маршрутной информации, полученной из всех источников.
- **FIB** (forwarding information base - база данных о перенаправлении) - таблица перенаправления данных, используемая для обработки транзитного трафика. FIB формируется из RIB путём фильтрации и объединения маршрутной информации (рис. 7).

Источниками маршрутной информации, формирующих RIB, являются:

- **Маршруты операционной системы:** служебные сети, используемые операционной системой устройства. Например, к таким сетям относится сеть петлевых интерфейсов 127.0.0.0/8.
- **Непосредственно присоединённые сети:** сети, к которым устройство подключено непосредственно, т.е. интерфейсы устройства ассоциированы с IP-адресами, которые принадлежат этим сетям. Distance маршрутов такого типа минимальный и равен 0 (таблица 2а-в).
- **Статические маршруты:** маршруты, добавленные в таблицу вручную. Distance маршрутов такого типа равен 1 (таблица 2а).
- **Протоколы динамической маршрутизации:** маршруты, полученные с помощью протоколов динамической маршрутизации. За каждым из протоколов динамической маршрутизации закреплено значение Distance, примеры которых представлены в таблице 3.

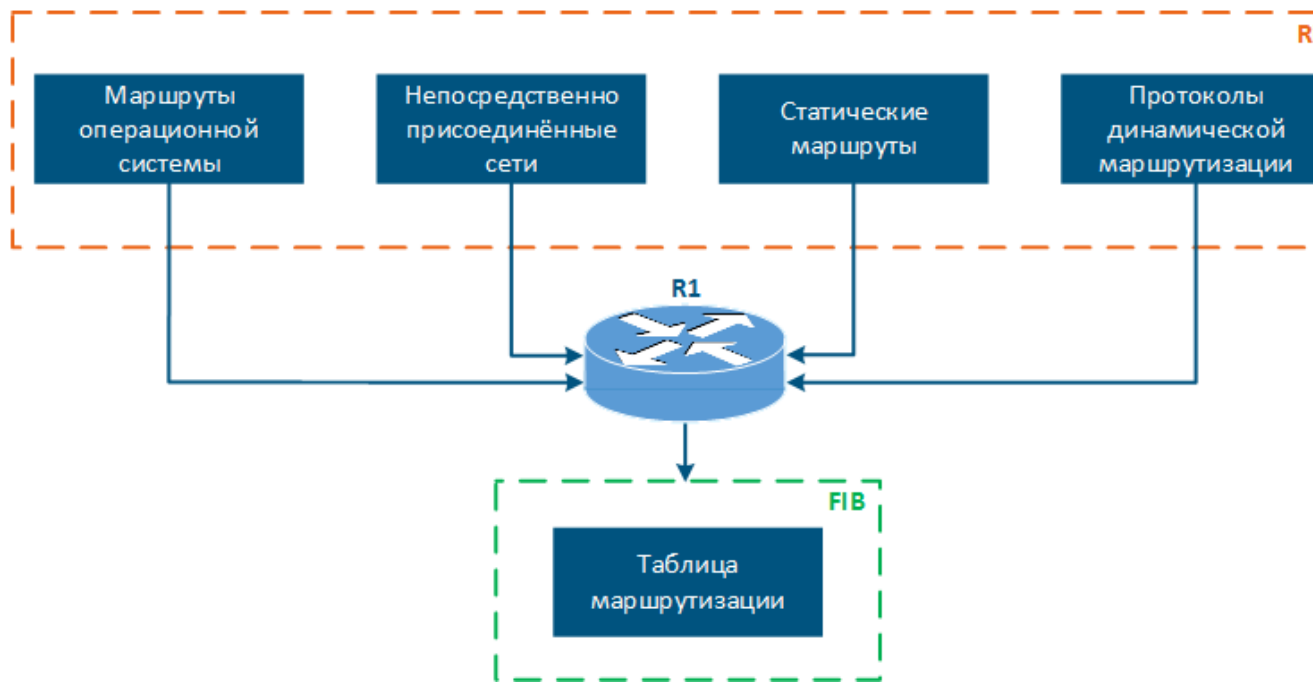


Рисунок 7 - Источники маршрутной информации

Таблица маршрутизации в устройствах Инфинет

В зависимости от семейства, устройства Инфинет поддерживают различные источники маршрутной информации:

Источник маршрутной информации	InfiLINK 2x2	InfiMAN 2x2	InfiLINK Evolution	InfiMAN Evolution	InfiLINK XG	InfiLINK XG 1000	Vector 5	Vector 6	Vector 70
Маршруты операционной системы	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Непосредственно присоединённые сети	трафик управления	+	+	+	+	+	+	+	+
	пользовательский трафик	+	+	+	+	-	-	-	-
Статические маршруты	трафик управления	+	+	+	+	+	+	+	+
	пользовательский трафик	+	+	+	+	-	-	-	-
Протоколы динамической маршрутизации	OSPF	+	+	+	+	-	-	-	-
	ODR	+	+	+	+	-	-	-	-
	RIP	+	+	+	+	-	-	-	-

Таблица 6 - Сравнительная характеристика источников маршрутной информации для устройств Инфинет

Отображение таблицы маршрутизации

Далее, по ходу статьи, мы будем использовать инструменты вывода и анализа маршрутной информации. Эти инструменты зависят от семейства устройств и будут представлены ниже.

Таблица маршрутизации устройств семейств InfiLINK 2x2, InfiMAN 2x2, InfiLINK Evolution, InfiMAN Evolution

Устройства семейств InfiLINK 2x2, InfiMAN 2x2, InfiLINK Evolution, InfiMAN Evolution поддерживают настройку маршрутизации как для трафика управления, так и для пользовательского трафика, причём поддерживаются статические маршруты и протоколы динамической маршрутизации.

Вывод маршрутной информации осуществляется двумя способами:

- **Web-интерфейс:** переход в раздел "Настройки сети → Параметры маршрутизации" (рис. 8а). Интерфейс позволяет просмотреть только статические маршруты.
- **Командная строка:** команда "nstat -r" выводит данные FIB. Кроме того, существуют команды, позволяющие оценить маршрутную информацию по отдельным источникам, о которых пойдёт речь в соответствующих разделах.

```
Unknown node#1> netstat -r
Routing tables
Destination      Gateway          Flags    Refs     Use  Interface
10.10.10.0/24    link#6          UC       0        0    svi1
10.10.10.101    00:0c:29:40:72:d0 UHL     0        1    svi1
10.10.10.254    link#6          UHL     0        0    svi1
10.10.20.0/24   link#2          UC       0        0    eth0
10.10.20.101    00:0c:29:40:72:d0 UHL     1       1307  eth0
127.0.0.1       127.0.0.1      UH       1        0    lo0
224.0.0.0/8     127.0.0.1      UGS     0        0    lo0
```

Состояние устройства Основные настройки Обслуживание Спектронализатор DES К

► Системные настройки

▼ Настройки сети

► eth0 10.10.20.1 Up: Описание: DHCP: IPv4 MTU: 1500 Режим: авто

► rf5.0 Up: Описание: DHCP: IPv4 MTU: 1500

► svi1 10.10.10.1 Up: Описание: L2 Management Interface DHCP: IPv4 MTU: 1500 Группа коммутации: 1

Create PRF Создать VLAN Создать LAG Создать Switch Virtual Interface Создать туннель Создать TAP

Параметры маршрутизации

Шлюз по умолчанию

172 | 16 | 0 | 5 | X | +

Сеть Шлюз

10 | 10 | 20 | 0 | / 24 | X | 10 | 10 | 10 | 254 | X | +

► Настройки линка

► Статические линки

► Коммутатор (MAC Switch)

► IP Firewall

► SNMP

Рисунок 8а - Пример просмотра маршрутной информации на устройствах семейств InfiLINK 2x2, InfiMAN 2x2, In

Таблица маршрутизации устройств семейств InfiLINK XG, InfiLINK XG 1000

Устройства семейств InfiLINK XG, InfiLINK XG 1000 поддерживают только настройку маршрутизации для трафика управления. Можно указать шлюз по умолчанию и добавить статические маршруты. Вывод таблицы маршрутизации осуществляется двумя способами:

- **Web-интерфейс:** переход в раздел "Сетевой доступ" (рис. 8б).
- **Командная строка:** выполнение команды "netstat -r".

```
#1> netstat -r
Routing tables
Destination      Gateway          Flags    Refs     Use  Interface
10.10.10.0/24    link#2          UC       0        0    mgmt
10.10.10.101    00:0c:29:40:72:d0 UHL     1       512    mgmt
10.10.10.254    link#2          UHL     1        0    mgmt
10.10.20.0/24   10.10.10.254    UGS     0        0    mgmt
127.0.0.1       127.0.0.1      UH       0        0    lo0
224.0.0.0/8     127.0.0.1      UGS     0        0    lo0
```

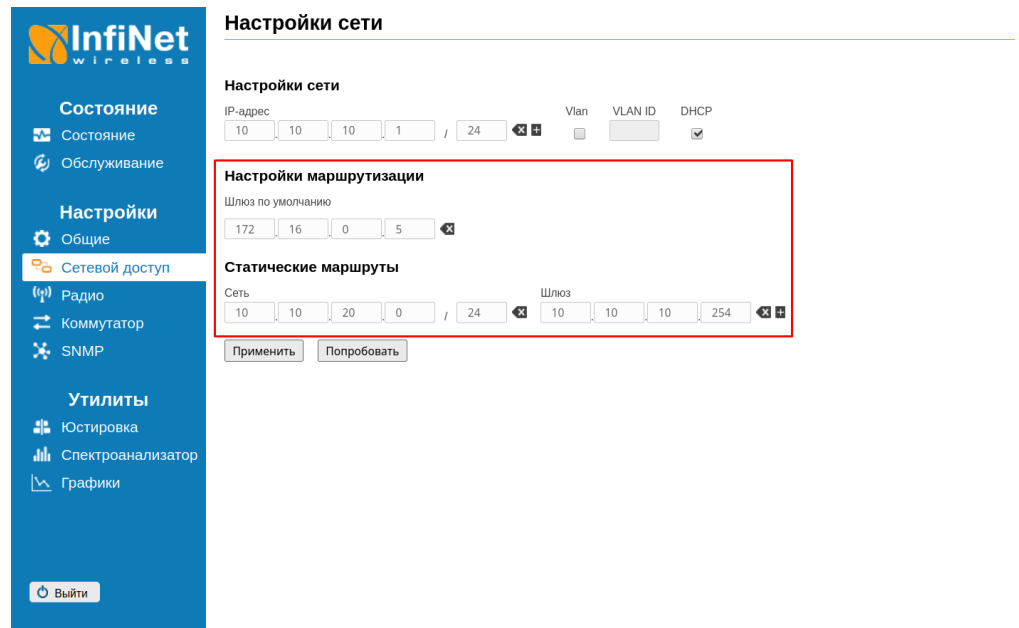


Рисунок 86 - Пример просмотра маршрутной информации на устройствах семейств InfiLINK XG

Таблица маршрутизации устройств семейств Vector 5, Vector 6, Vector 70

Устройства семейств Vector 5, Vector 6, Vector 70 поддерживают только настройку маршрутизации для трафика управления, позволяя указать шлюз по умолчанию. Вывод таблицы маршрутизации осуществляется двумя способами:

- **Web-интерфейс:** переход в раздел "Сетевой доступ" (рис. 8в).
- **Командная строка:** выполнение команды "netstat -r".

```
#1> netstat -r
Routing tables
Destination      Gateway          Flags    Refs     Use  Interface
10.10.10.0/24    link#2          UC       0        0    eth0
10.10.10.101    00:0c:29:40:72:d0 UHL      5       3222  eth0
127.0.0.1       127.0.0.1      UH       0        0    lo0
224.0.0.0/8     127.0.0.1      UGS      0        0    lo0
```

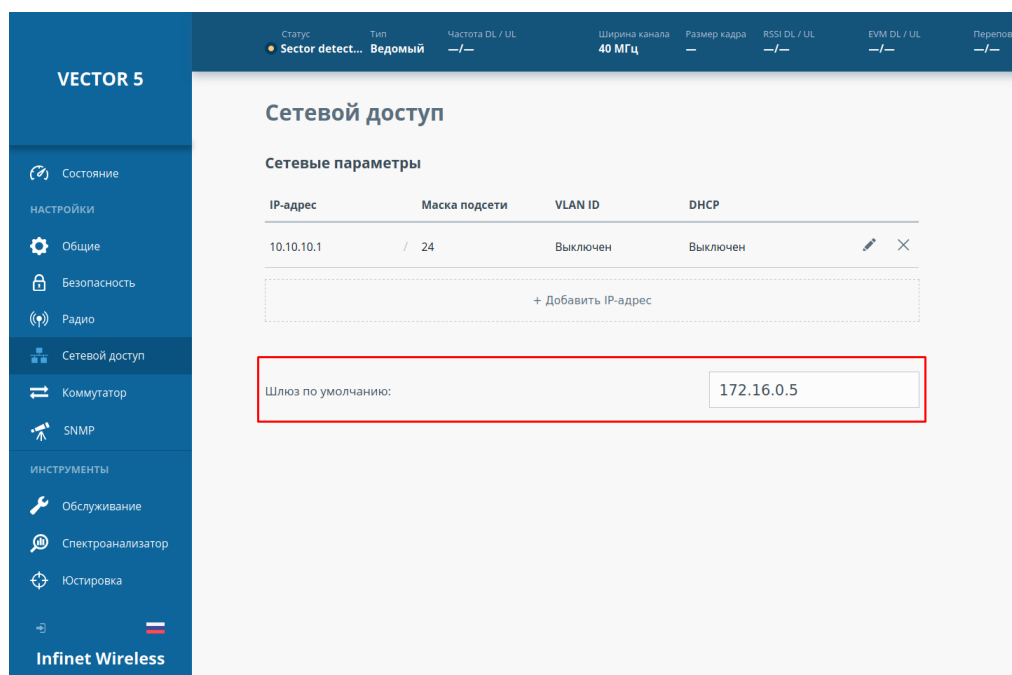


Рисунок 8в - Пример просмотра маршрутной информации на устройствах семейства Vector 5, v

**Продолжение статьи**

Продолжение статьи доступно по ссылке: [Статическая маршрутизация.](#)

Дополнительные материалы**Онлайн-курсы**

1. Предварительная настройка и установка устройств семейств InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2
2. Коммутация в устройствах семейств InfiLINK 2x2 и InfiMAN 2x2.
3. Устройства семейства InfiLINK XG
4. Vector 5: установка и настройка

Вебинары

1. Типовые сценарии настройки маршрутизации в устройствах Инфинет. Часть 1.
2. Типовые сценарии настройки маршрутизации в устройствах Инфинет, часть 2.

Прочее

1. InfiNet Wireless R5000 - Веб-интерфейс - Руководство пользователя
2. Семейства InfiLINK Evolution / InfiMAN Evolution
3. InfiLINK XG / InfiLINK XG 1000 - Руководство пользователя
4. Семейство Vector 5 / Vector 6 - Руководство пользователя
5. Команда netstat