

# Тестер-анализатор сетей Ethernet Беркут-МХ

Руководство по эксплуатации

ДДГМ.008.000.001 РЭ

Редакция 13, 2019



НТЦ Метротек

Никакая часть настоящего документа не может быть воспроизведена, передана, преобразована, помещена в информационную систему или переведена на другой язык без письменного разрешения производителя. Производитель оставляет за собой право без дополнительного уведомления вносить изменения, не влияющие на работоспособность прибора, в аппаратную часть или программное обеспечение, а также в настоящее руководство по эксплуатации.

© НТЦ Метротек, 2019

# Оглавление

1. Общие сведения .....	5
1.1. Основные возможности .....	5
2. Комплект поставки .....	5
3. Меры безопасности .....	6
3.1. Общие указания .....	6
3.2. Электропитание .....	6
4. Внешний вид .....	7
5. Подготовка к работе .....	7
6. Режимы работы .....	8
6.1. Режим оперативного сбора трафика .....	8
6.2. Режим сетевого экрана .....	9
7. Схемы подключения .....	10
8. Конфигурация устройства .....	11
8.1. Общие сведения .....	11
8.2. Подключение по интерфейсу USB .....	11
8.2.1. ОС Linux .....	11
8.2.2. ОС Windows .....	11
8.3. Подключение по интерфейсу Ethernet .....	12
8.3.1. ОС Linux .....	12
8.3.2. ОС Windows .....	12
8.4. Управление модулями .....	13
8.5. Права пользователей .....	14
8.5.1. Пароли по умолчанию .....	14
8.5.2. Смена учетной записи .....	14
8.5.3. Изменение пароля .....	14
8.5.4. Настройка доступа пользователя root по сети .....	14
8.5.5. Добавление пользователей .....	15
8.6. Настройка сетевого адреса порта «Management» .....	15
9. Удаление VLAN-тегов и MPLS-меток .....	17
9.1. Команды и инструменты .....	17
9.2. Применение .....	17
9.3. Пример .....	17
10. Замена полей пакетов .....	19
10.1. Команды и инструменты .....	19
10.2. Применение .....	19
10.3. Редактирование конфигурационного файла .....	19

10.4. Применение настроек конфигурационного файла .....	20
10.5. Изменение одной записи конфигурационного файла .....	20
10.5.1. Пример .....	20
10.6. Пример подмены полей пакета .....	21
11. Команды и инструменты .....	23
11.1. Системные команды .....	23
11.2. Настройка интерфейсов и получение статусной информации .....	24
11.3. Настройка фильтров .....	25
11.4. Настройка удаления VLAN-тегов и MPLS-меток .....	31
11.5. Настройка таблицы замены полей пакетов .....	32
11.6. Настройка статистики .....	33
11.7. Генерация частоты .....	33
12. Обновление программного обеспечения .....	34
12.1. Подготовка к обновлению .....	34
12.2. Алгоритм обновления основной платформы .....	34
12.3. Алгоритм обновления модулей .....	34
12.3.1. Пример .....	35
13. Справочные таблицы .....	37
13.1. Поле DSCP .....	37
14. Спецификации .....	39
14.1. Интерфейсы .....	39
14.2. Тестирование .....	39
14.3. Общие характеристики .....	39
15. Глоссарий .....	40
16. Литература .....	41

# 1. Общие сведения

Тестер-анализатор сетей Ethernet Беркут-MX предназначен для оперативного анализа и классификации IP-трафика в сетях, построенных на основе технологии 10G Ethernet.

Беркут-MX позволяет выполнять фильтрацию потоков данных на основе заданных пользователем правил, перенаправлять принятый и обработанный трафик, а также собирать статистику.



Рисунок 1.1. Внешний вид передней панели прибора



Рисунок 1.2. Внешний вид задней панели прибора

## 1.1. Основные возможности

- Режим фильтрации с трансляцией данных в 1G порт. Критерии выбора определяются пользователем и могут быть заданы для любых уровней модели OSI: MAC-адреса, IP-адреса подсетей и хостов, номера портов протоколов, группировка по диапазонам и дополнительным параметрам (например, чётный/нечётный номер порта или набор символов в содержимом пакета).
- Функция firewall при подключении «в разрыв».
- 10G шлейф с одновременным сбором статистических данных.

## 2. Комплект поставки

Комплект поставки прибора Беркут-MX зависит от заказа и приведён в паспорте.

## **3. Меры безопасности**

### **3.1. Общие указания**

- До начала работы с прибором Беркут-МХ внимательно изучите настоящее руководство по эксплуатации.
- Если прибор транспортировался или хранился при отрицательных температурах, то перед включением следует выдержать его в нормальных климатических условиях не менее 2 часов.
- Условия эксплуатации должны соответствовать условиям, представленным в разделе 14.3.
- При эксплуатации прибора должны выполняться общие требования правил пожарной безопасности.
- Питающая сеть не должна иметь резких скачков напряжения. Рядом с рабочим местом не должно быть источников сильных магнитных и электрических полей.
- Необходимо оберегать прибор от ударов, попадания влаги и пыли, продолжительного воздействия прямых солнечных лучей.

### **3.2. Электропитание**

Электропитание прибора осуществляется от внутреннего блока питания напряжением 85–264 В. Потребляемая мощность – до 120 Вт, в зависимости от типа используемых оптических модулей и режима работы.

## 4. Внешний вид

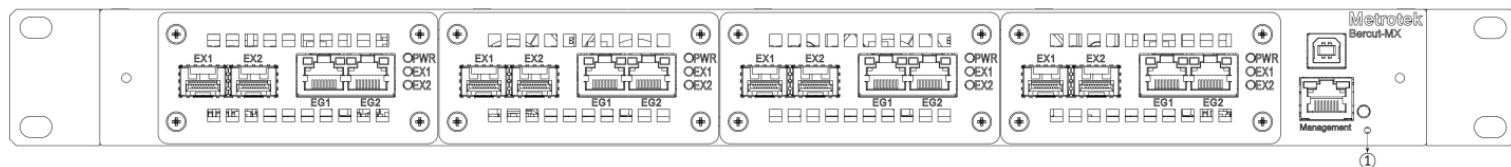


Рисунок 4.1. Передняя панель прибора

Таблица 4.1. Описание внешних разъёмов

Маркировка	Описание	Назначение
EX1, EX2	Порты LAN/WAN 10G, стандарт 10GBASE-R, 10GBASE-W	Подключение к оптической линии с использованием SFP+ модуля
EG1, EG2	Порты LAN 1G, стандарт 10/100/1000BASE-T, 10/100/1000BASE-TX	Подключение к оборудованию анализа трафика
Management	Системный USB-порт, тип B	Удалённое управление устройством
	Системный порт, стандарт 10/100BASE-T	

Таблица 4.2. Описание светодиодных индикаторов

Маркировка	Описание
EX1, EX2	Индикаторы, отображающие состояние соединения для портов EX1 и EX2: <ul style="list-style-type: none"> <li>– горит красным — соединение установлено;</li> <li>– мигает красным — идёт приём/передача данных;</li> <li>– не горит — соединение отсутствует.</li> </ul>
PWR	Индикатор, отображающий состояние подключения внешнего источника питания: <ul style="list-style-type: none"> <li>– горит зелёным — подключён внешний источник питания;</li> <li>– не горит — внешний источник питания отключён.</li> </ul>

Цифрой 1 на рис. 4.1 обозначена кнопка аппаратного сброса.

## 5. Подготовка к работе

Для начала работы с прибором Беркут-MX необходимо выполнить следующие действия:

1. После извлечения прибора из упаковки произвести внешний осмотр и проверить комплектность в соответствии с паспортом.
2. Если прибор транспортировался или хранился при отрицательных температурах, то перед включением следует выдержать его в нормальных климатических условиях не менее 2 часов.
3. Подключить шнур питания к разъёму, расположенному на задней панели корпуса прибора (см. рис. 1.2), и включить вилку в розетку. Убедиться, что на передней панели загорелся индикатор «PWR».
4. Выполнить начальную конфигурацию устройства в соответствии с указаниями раздела 8.
5. Подключить прибор к тестируемой сети (см. раздел 7).

## 6. Режимы работы

Процесс обработки трафика в приборе Беркут-МХ состоит из трёх основных этапов:

1. Классификация.
2. Фильтрация.
3. Перенаправление.

Магистральный 10G трафик не является однородным и содержит в себе большое количество независимых потоков. Процедура классификации позволяет разделить исходный высокоскоростной трафик на отдельные потоки с меньшей скоростью, что даёт возможность в дальнейшем обрабатывать трафик избирательно.

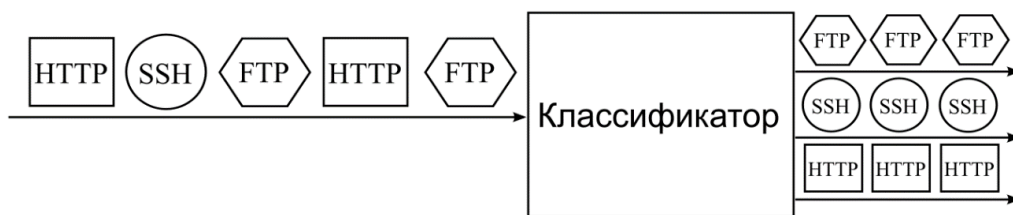


Рисунок 6.1. Принцип работы классификатора

В случае, когда необходимо выделить только часть магистрального трафика, применяется процедура фильтрации, которая удаляет ненужные для анализа потоки. Действия, выполняемые с потоками данных после классификации и фильтрации, зависят от режима работы. Беркут-МХ может работать в режиме оперативного сбора трафика или сетевого экрана.

### 6.1. Режим оперативного сбора трафика

Главная особенность этого режима — возможность получения пакетов магистрального канала (интерфейсы EX) через 1G порты (интерфейсы EG). Потоки, которые следует выделить из магистрального трафика и перенаправить на интерфейсы EG, определяются пользовательскими настройками. Для работы в данном режиме прибор Беркут-МХ подключается к сети в соответствии со схемами, представленными в главе 7.

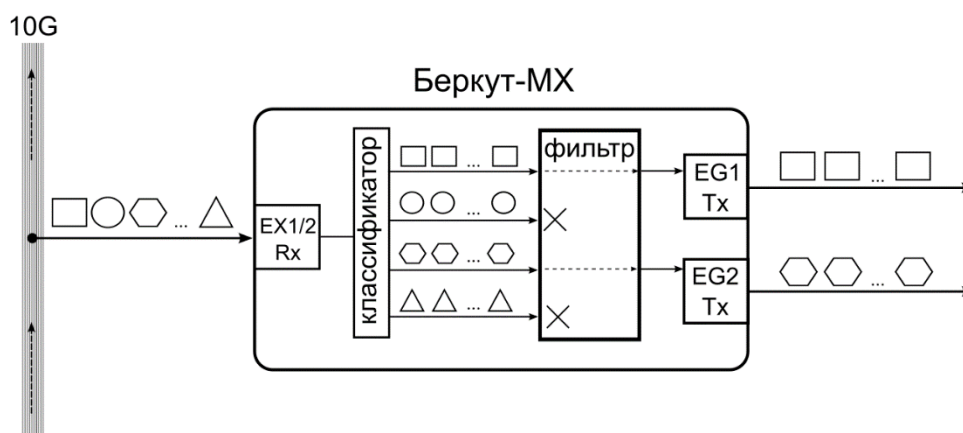


Рисунок 6.2. Режим оперативного сбора трафика

**Примечание.** Во всех режимах работы прибора Беркут-МХ на один и тот же порт могут приходиться данные от нескольких фильтров.



## 6.2. Режим сетевого экрана

В режиме сетевого экрана прибор работает как фильтр: трафик, поступающий на интерфейсы EX, фильтруется в соответствии с пользовательскими настройками, после чего перенаправляется на интерфейсы EG. Для работы в данном режиме прибор Беркут-МХ подключается к сети в соответствии со схемами, представленными в главе 7.

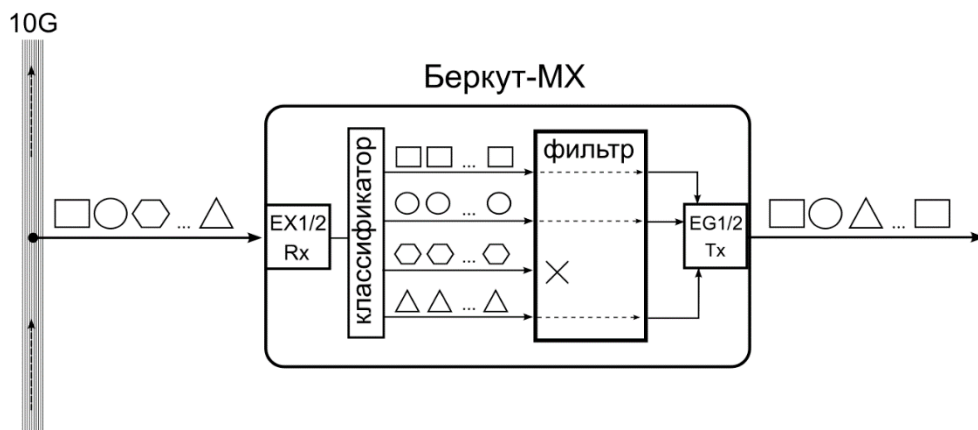


Рисунок 6.3. Режим сетевого экрана

## 7. Схемы подключения

Назначение интерфейсов прибора приведено в таблице ниже.

Интерфейс	Назначение
EX1, EX2	Приём магистрального трафика для дальнейшей обработки (во всех режимах).
EG1, EG2	Передача выделенных из магистрального трафика или обработанных потоков.

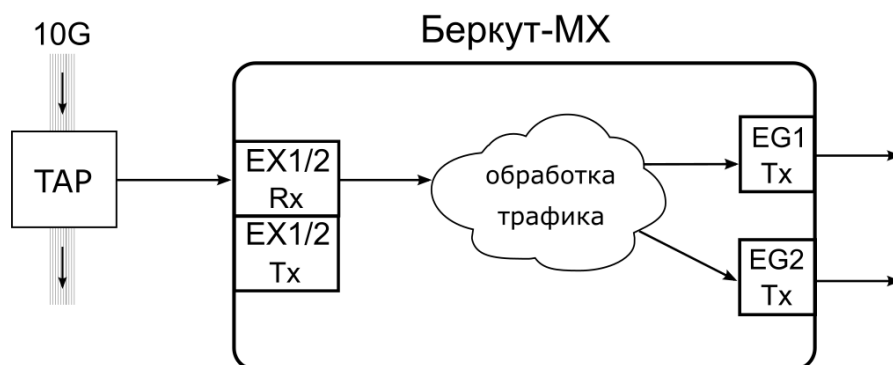


Рисунок 7.1. Типовая схема подключения 1

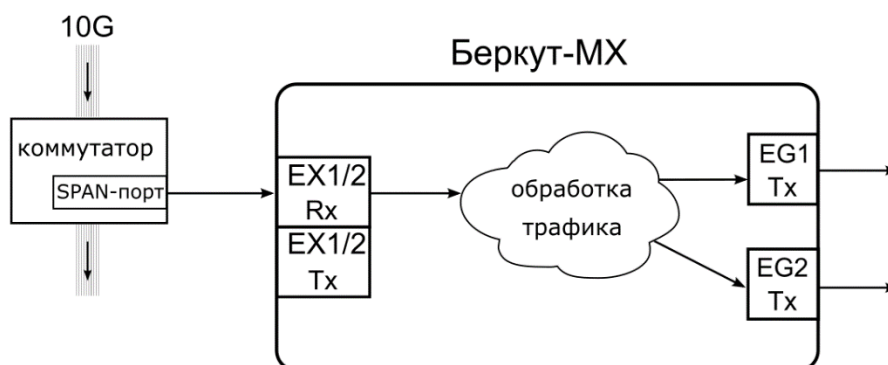


Рисунок 7.2. Типовая схема подключения 2

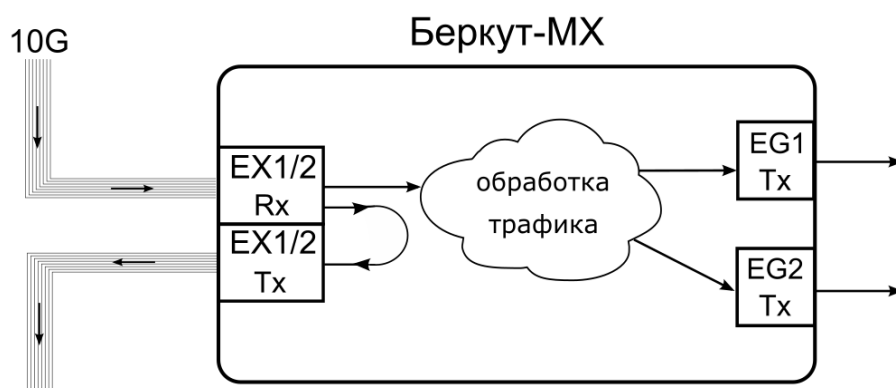


Рисунок 7.3. Типовая схема подключения 3

## 8. Конфигурация устройства

Для настройки и управления функциями прибора Беркут-MX используется интерфейс USB 1.1/2.0 или системный порт 10/100BASE-T.

### 8.1. Общие сведения

Прибор Беркут-MX состоит из основной платформы, к которой подсоединено от 1 до 4 модулей. Подключение к модулям осуществляется после подключения к прибору по интерфейсу USB (см. раздел 8.2) или Ethernet (см. раздел 8.3). Ethernet-соединение позволяет параллельно управлять несколькими модулями.

### 8.2. Подключение по интерфейсу USB

#### 8.2.1. ОС Linux

Взаимодействие с прибором в ОС Linux осуществляется посредством стандартного драйвера USB serial и любой доступной терминальной программы (например, minicom).

Для установки соединения между ПК и прибором с использованием программы minicom необходимо выполнить следующие действия:

1. Подключить USB-порт прибора Беркут-MX к USB-порту компьютера.
2. Запустить программу minicom: `minicom -D /dev/ttyUSB0 -b 115200`
3. В случае успешного соединения в окно терминальной программы будет выведено приглашение для ввода имени пользователя и пароля.

Имя пользователя — «user» или «root» (см. раздел 8.5). При первом подключении прибора к ПК в поле «password» ввести пароль по умолчанию и нажать «Enter». После подключения к прибору пароль можно изменить (см. раздел 8.5.3).

После этого можно установить соединение с конкретным модулем, следуя указаниям раздела 8.4.

#### 8.2.2. ОС Windows

Взаимодействие с прибором в ОС Windows осуществляется посредством драйвера Virtual COM Port. Данный драйвер следует предварительно установить на ПК для корректной инициализации прибора в системе. Файлы драйверов для различных операционных систем и указания по их установке представлены на сайте компании FTDI Chip: <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>.

**Примечание.** Взаимодействие с прибором может обеспечиваться как стандартными средствами ОС Windows — программой HyperTerminal, так и терминальными программами сторонних производителей.

Для установки соединения между ПК и прибором необходимо подключить Беркут-MX к USB-порту компьютера, после чего, в случае использования программы HyperTerminal, выполнить следующие действия:

1. Запустить программу HyperTerminal.
2. Создать новое подключение: «Файл» ⇒ «Новое подключение».
3. Задать имя подключения.

4. Определить, каким СОМ-портом в системе является подключенный Беркут-МХ, обратившись к стандартному приложению «Диспетчер устройств»:

«Мой компьютер» ⇒ «Свойства» ⇒ «Оборудование» ⇒ «Диспетчер устройств».

5. Выбрать последовательный порт, к которому подключен прибор.

6. Установить параметры последовательного порта:

- скорость (бит/с): 115200;
- биты данных: 8;
- чётность: нет;
- стоповые биты: 1;
- управление потоком: нет.

7. После нажатия на кнопку «Enter» HyperTerminal попытается установить соединение с Беркут-МХ.

В случае успешного соединения в окно терминальной программы будет выведено приглашение для ввода имени пользователя и пароля.

Имя пользователя — «user» или «root» (см. раздел 8.5). При первом подключении прибора к ПК в поле «password» ввести пароль по умолчанию и нажать «Enter». После подключения к прибору пароль можно изменить (см. раздел 8.5.3).

После этого можно установить соединение с конкретным модулем, следуя указаниям раздела 8.4.

## 8.3. Подключение по интерфейсу Ethernet

### 8.3.1. ОС Linux

Для установки соединения между ПК и прибором по интерфейсу Ethernet необходимо выполнить следующие действия:

1. Подключить порт «Management» прибора Беркут-МХ к ПК или сети.

2. Ввести команду:

```
ssh user@IP-адрес_прибора
```

или `ssh root@IP-адрес_прибора` (по умолчанию не работает, см. раздел 8.5.4).

**Примечание.** IP-адрес прибора по умолчанию — 192.168.0.1.

3. При первом подключении прибора к ПК в поле «password» ввести пароль по умолчанию и нажать «Enter». После подключения к прибору пароль можно изменить (см. раздел 8.5.3).

**Примечание.** Если требуется параллельно управлять несколькими модулями, следует установить необходимое количество сеансов подключения, после чего в каждом сеансе выполнить команды, указанные в разделе 8.4.

После выполнения вышеперечисленных действий можно установить соединение с конкретным модулем, следуя указаниям раздела 8.4.

### 8.3.2. ОС Windows

Для установки соединения между ПК и прибором по интерфейсу Ethernet необходимо выполнить следующие действия:

1. Подключить порт «Management» прибора Беркут-МХ к ПК или сети.
2. Открыть программу putty.exe.
3. В поле «Host Name (or IP address)» ввести IP-адрес прибора и войти в систему.

**Примечание.** IP-адрес прибора по умолчанию — 192.168.0.1.

4. При первом подключении прибора к ПК в поле «password» ввести пароль по умолчанию и нажать «Enter». После подключения к прибору пароль можно изменить (см. раздел 8.5.3).

**Примечание.** Если требуется параллельно управлять несколькими модулями, следует установить необходимое количество сеансов подключения, после чего в каждом сеансе выполнить команды, указанные в разделе 8.4.

После выполнения вышеперечисленных действий можно установить соединение с конкретным модулем, следуя указаниям раздела 8.4.

## 8.4. Управление модулями

Каждому модулю, подключённому к основной платформе, присвоено буквенное и цифровое обозначение (см. рис. 8.1).

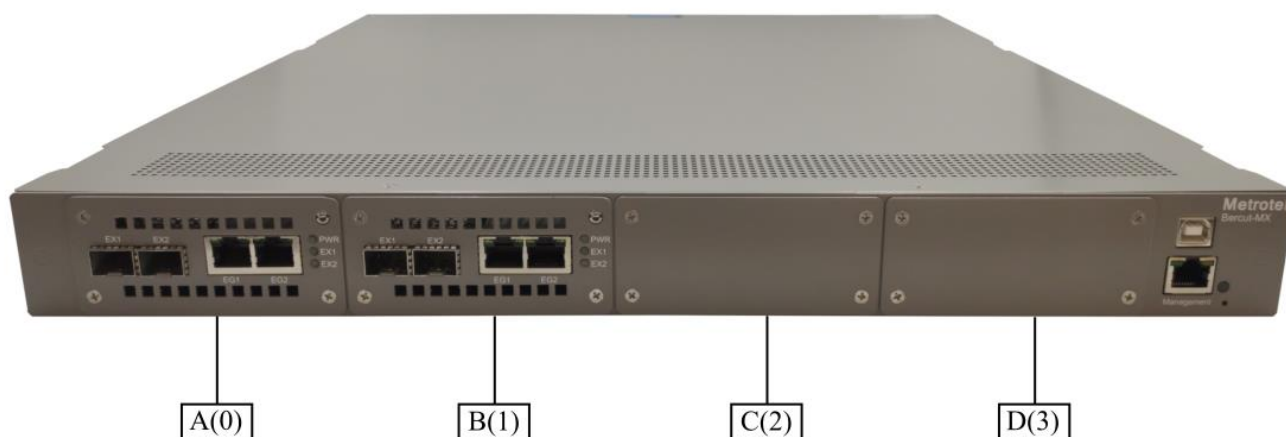


Рисунок 8.1. Обозначение модулей прибора Беркут-МХ

При обращении к конкретному модулю можно использовать либо буквенный, либо цифровой идентификатор.

После соединения с прибором Беркут-МХ (см. раздел 8.2 и 8.3), для подключения к модулям необходимо выполнить следующие действия:

1. Запустить программу minicom:

```
minicom -D /dev/ttyMXA...D -b 115200
```

```
или minicom -D /dev/ttyMX0...3 -b 115200
```

2. Нажать на кнопку «Enter»: minicom попытается установить соединение с выбранным модулем.

В случае успешного установления соединения модулем можно управлять с помощью команд, представленных в разделе 11.

## 8.5. Права пользователей

На приборе Беркут-МХ созданы две учётные записи: «root» (суперпользователь) и «user» (пользователь).

**Примечание.** Под учётной записью «root» работать с прибором следует предельно внимательно.

Под учетной записью «user» можно управлять модулями, но нельзя вносить изменения в конфигурацию основной платформы.

### 8.5.1. Пароли по умолчанию

По умолчанию учетные записи пользователей имеют следующие пароли:

- root – PleaseChangeTheRootPassword
- user – PleaseChangeTheUserPassword

### 8.5.2. Смена учетной записи

При подключении к прибору можно изменить учетную запись. Для этого не требуется выходить из-под текущей учетной записи при подключении по USB или выполнять повторное подключение по SSH. Для смены учетной записи следует:

1. Выполнить команду  

```
su - <имя пользователя>
```
2. При необходимости ввести пароль для новой учетной записи.

### 8.5.3. Изменение пароля

Пароль может быть изменён только из-под учётной записи «root». Для этого следует:

1. Ввести команду  

```
mount -o rw,remount /
```
2. Ввести команду  

```
passwd <имя пользователя>
```
3. Ввести и подтвердить пароль.
4. Ввести команду  

```
mount -o ro,remount /
```

### 8.5.4. Настройка доступа пользователя root по сети

По умолчанию доступ по сети к прибору под учётной записью «root» закрыт, так как в случае несанкционированного доступа злоумышленник сможет получить полный контроль над устройством. Доступ возможен только по разрешенным ключам. Список ключей хранится в /root/.ssh/authorized\_keys. Если файл «authorized\_keys» не существует, пользователь может создать этот файл вручную или при помощи команды «ssh-copy-id». Для копирования своего ключа следует:

1. Под учетной записью «root» открыть для редактирования файл /etc/ssh/sshd\_config.
2. Разрешить подключение под учетной записью «root» с использованием пароля: найти строку «PermitRootLogin without-password» и заменить её на «PermitRootLogin yes».

### 3. Выполнить команду

```
systemctl restart ssh.service
```

### 4. Скопировать ключ:

```
ssh-copy-id root@<адрес прибора>
```

Для того, чтобы запретить подключение под учетной записью «root» с использованием пароля, следует:

#### 1. Открыть для редактирования файл /etc/ssh/sshd\_config.

#### 2. Найти строку «PermitRootLogin yes» и заменить её на «PermitRootLogin without-password».

### 3. Выполнить команду

```
systemctl restart ssh.service
```

**Примечание.** Рекомендуется запретить подключение под учетной записью «root» с использованием пароля при подсоединении прибора к сети Интернет, в противном случае увеличивается вероятность взлома.

## 8.5.5. Добавление пользователей

Для добавления новых пользователей необходимо выполнить следующие действия:

#### 1. Подключиться к прибору Беркут-МХ по интерфейсу USB (см. раздел 8.2) или Ethernet (см. раздел 8.3), используя учётную запись «root».

#### 2. Ввести команду «adduser» и следовать указаниям на экране.

## 8.6. Настройка сетевого адреса порта «Management»

Для изменения сетевого адреса порта «Management» необходимо выполнить следующие действия:

#### 1. Подключиться к прибору Беркут-МХ по интерфейсу USB (см. раздел 8.2) или Ethernet (см. раздел 8.3), используя учётную запись root.

#### 2. Открыть файл сетевых настроек в редакторе vim:

```
vim /etc/network/interfaces.d/eth
```

#### 3. В случае получения сетевых настроек по DHCP в файле должна присутствовать строка:

```
iface eth0 inet dhcp
```

#### 4. При задании настроек вручную в файле должны присутствовать строки:

```
iface eth0 inet static
address IP-адрес
netmask маска подсети
```

При необходимости задать:

```
gateway IP-адрес шлюза
dns-nameservers IP-адрес базы DNS
```

#### 5. Для подтверждения настроек ввести команды

```
ifdown eth0
ifup eth0
```

или выключить, а затем включить прибор.

6. Ввести команду:

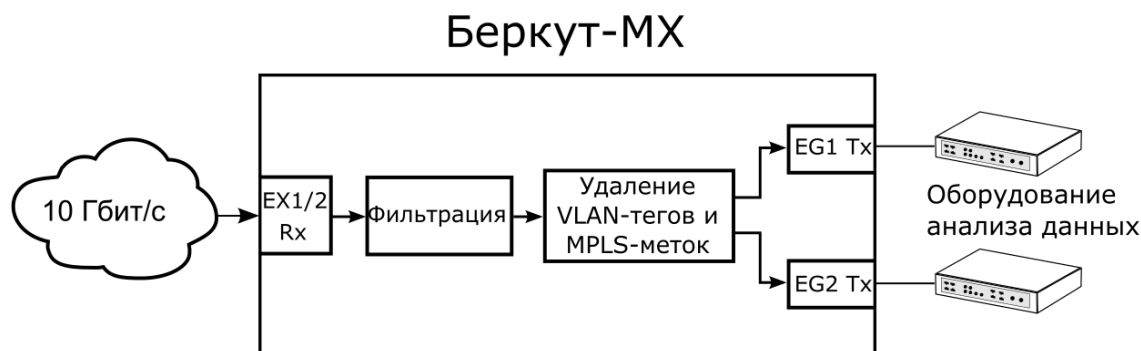
```
ifconfig eth0
```

В случае успешной установки настроек в результате выполнения команды в терминальной программе отобразятся параметры сети, значения которых будут соответствовать выполненным ранее настройкам.



## 9. Удаление VLAN-тегов и MPLS-меток

В режиме оперативного сбора трафика (см. раздел 6.1) прибор Беркут-MX позволяет удалять до 3-х VLAN-тегов и MPLS-меток из пакетов, принимаемых на портах EX, что существенно упрощает дальнейший анализ потоков данных. Как правило, в этом режиме к EG портам прибора подключается оборудование для оценки/мониторинга/записи сетевой активности (далее – оборудование анализа данных).



### 9.1. Команды и инструменты

Настройка удаления VLAN-тегов и MPLS-меток выполняется с помощью команды «tag\_rm», описанной в разделе 11.4.

### 9.2. Применение

Удаление VLAN-тегов и MPLS-меток применяется в следующих случаях:

1. Оборудование анализа данных без дополнительной настройки не позволяет корректно обрабатывать VLAN-теги или MPLS-метки, а его настройка может занять длительное время.
2. Оборудование анализа данных не может обрабатывать пакеты с тегами и метками.
3. Необходимо снизить нагрузку на дальнейшее оборудование.

### 9.3. Пример

**Задача.** Все пакеты с IP-адресом источника из подсети 10.0.7.0/24, приходящие на интерфейс EX1, скопировать на интерфейс EG1 и EG2. При копировании на EG1 удалить первый и второй VLAN-тег, а также все MPLS-метки. При копировании на EG2 удалить вторую и третью MPLS-метки.

Настройка команды «filter»:

```
filter 0 from ex1 to eg* ipsrc 10.0.7.0/24 mode on
```

Настройка команды «tag\_rm»:

```
1) tag_rm ex1 eg1 vlan 1 2 mpls all
2) tag_rm ex1 eg2 mpls 2 3
```

Пусть на интерфейс EX1 приходит поток кадров, содержащих 3 VLAN-тега и 3 MPLS-метки, с IP-адресом отправителя 10.0.7.5:

Dst MAC	Src MAC	VLAN 1 VID=80	VLAN 2 VID=90	VLAN 3 VID=100	MPLS 1 label 10	MPLS 2 label 20	MPLS 3 label 30	Src IP 10.0.7.5	Dst IP
---------	---------	------------------	------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------

Этот поток удовлетворяет условиям фильтра с номером 0 и должен быть скопирован на интерфейсы EG1 и EG2.

Первая команда «tag\_rm» отвечает за изменение потока при передаче на интерфейс EG1 — из пакетов будут удалены первый и второй VLAN-теги, а также все MPLS-метки. С интерфейса EG1 будет отправлен поток кадров, содержащих только один VLAN-тег:

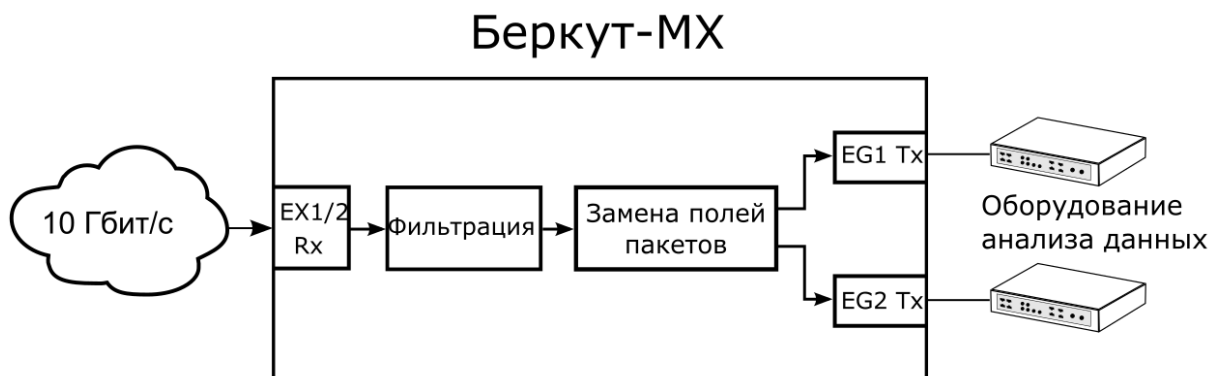
Dst MAC	Src MAC	VLAN 3 VID=100	Src IP 10.0.7.5	Dst IP
---------	---------	-------------------	--------------------	--------

Вторая команда «tag\_rm» отвечает за изменение потока при передаче на интерфейс EG2 — из пакетов будут удалены вторая и третья MPLS-метки. С интерфейса EG2 будет отправлен поток кадров, содержащих три VLAN-тега и одну MPLS-метку:

Dst MAC	Src MAC	VLAN 1 VID=80	VLAN 2 VID=90	VLAN 3 VID=100	MPLS 1 label 10	Src IP 10.0.7.5	Dst IP
---------	---------	------------------	------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------

## 10. Замена полей пакетов

В режиме оперативного сбора трафика (см. раздел 6.1) прибор Беркут-МХ позволяет выполнить замену различных полей пакетов: MAC- и IP-адресов, UDP-портов. Как правило, в этом режиме к EG портам прибора подключается оборудование для оценки/мониторинга/записи сетевой активности (далее – оборудование анализа данных). Подмена происходит без потери производительности при 100 % нагрузке.



### 10.1. Команды и инструменты

Настройка подмены MAC- и IP-адресов получателя осуществляется с помощью инструмента «replace-table» (см. раздел 11.5). Для замены номера UDP-порта получателя предварительная настройка не требуется. Включение подмены осуществляется с помощью инструмента «filters» или команды filter (см. раздел 11.3).

### 10.2. Применение

Замену полей пакетов можно использовать, когда оборудование анализа данных принимает кадры только с определённым MAC-адресом (IP-адресом, номером UDP-порта), а все остальные отбрасывает. В этом случае Беркут-МХ может произвести подмену поля на значение, заданное пользователем.

### 10.3. Редактирование конфигурационного файла

Настройка подмены MAC- и IP-адресов выполняется с помощью конфигурационного файла, по умолчанию хранящегося в памяти основной платформы /etc/mx/replace-table.ini или, в случае централизованного управления несколькими Беркут-МХ, на сервере – /etc/metrotek/mx/replace-table.ini. Этот файл представляет собой таблицу, содержащую до 15 пар MAC/IP-адресов, на которые будет производиться замена соответствующих полей пакетов.

Изменения в файл «replace-table.ini» вносятся посредством любого текстового редактора. При заполнении ini-файла необходимо учитывать особенности его формата. Файл может содержать пустые строки, заголовки разделов (номера записей), а также параметры и их значения (MAC- и IP-адреса):

```
[заголовок]
параметр_1 = значение_1
параметр_2 = значение_2
```

Каждый раздел (запись) может содержать два параметра – MAC-адрес и IP-адрес. Максимально количество записей – 15. Если значение параметра не указано или равно 0, подмена этого поля производиться не будет.

Например, при использовании для подмены второй записи из примера ниже, MAC-адрес получателя будет изменён на 00:AA:BB:CC:11:41, а IP-адрес останется без изменений. При использовании третьей записи, IP-адрес получателя будет изменён на 192.168.1.1, а MAC-адрес получателя не изменится.

```
[1]
mac = 00:01:02:03:04:05
ip  = 192.168.1.1
[2]
mac = 00:AA:BB:CC:11:41
[3]
ip  = 192.168.1.1
mac = 00:00:00:00:00:00
```

## 10.4. Применение настроек конфигурационного файла

По умолчанию конфигурационный файл хранится в памяти основной платформы (или на сервере). Для того, чтобы применить внесённые в него изменения для конкретного модуля прибора Беркут-MX, требуется передать их на этот модуль с помощью инструмента «replace-table». Опции инструмента, которые для этого используются, подробно описаны в разделе 11.5.

## 10.5. Изменение одной записи конфигурационного файла

Если требуется отредактировать только одну запись конфигурационного файла, можно использовать инструмент «replace-table». В этом случае инструмент вызывается с ключами, позволяющими задать MAC- и IP-адрес, в результате чего конфигурационный файл автоматически копируется из памяти платформы в память указанного модуля и в него добавляются заданные адреса. При этом файл в памяти платформы остаётся без изменений. При повторном вызове инструмента, файл в памяти модуля перезаписывается на тот, который хранится в памяти платформы.

### 10.5.1. Пример

Пусть в памяти платформы хранится следующий конфигурационный файл:

```
[1]
mac = 00:01:02:03:04:05
ip  = 192.168.1.1
[2]
mac = 00:AA:BB:CC:11:41
```

Вводится команда:

```
replace-table -d c -n 2 --ip 1.2.3.4 --mac FF:FF:FF:00:00:00
```

В результате выполнения этой команды файл в памяти платформы не изменится, а будет скопирован в память модуля MX-C с изменённой второй 2-й записью:

```
[1]
mac = 00:01:02:03:04:05
ip = 192.168.1.1
[2]
mac = FF:FF:FF:00:00:00
ip = 1.2.3.4
```

Вводится следующая команда:

```
replace-table -d c -n 1 --ip 5.6.7.8 --mac FF:FF:FF:00:00:00
```

В результате выполнения этой команды файл из памяти платформы будет снова скопирован в память модуля MX-C, при этом в нём будет изменена 1-я запись. Данные, введённые предыдущей командой, не сохранятся:

```
[1]
mac = FF:FF:FF:00:00:00
ip = 5.6.7.8
[2]
mac = 00:AA:BB:CC:11:41
```

## 10.6. Пример подмены полей пакета

**Задача.** Все пакеты с IP-адресом источника из подсети 172.168.14.0/24, приходящие на интерфейс EX1, скопировать на интерфейсы EG1 и EG2. При копировании на EG1 произвести замену MAC- и IP-адреса согласно 4-й записи конфигурационного файла, при копировании на EG2 — согласно 5-й записи. Значение UDP-порта получателя для обоих интерфейсов изменить на 5 000.

Настройка конфигурационного файла «replace-table.ini»:

```
[4]
mac = 00:AA:BB:CC:11:41
[5]
ip = 10.0.0.9
```

Настройка команды «filter»:

```
filter 0 from ex1 to eg* ipsrc 172.16.14.0/24 rrule 4:5 rportdst
5000 mode on
```

На порт EX1 приходит пакет с IP-адресом источника 172.16.14.5:

Dst MAC	Src MAC	Src IP	Dst IP	Src UDP port	Dst UDP port
00:21:CE:66:77:88	00:21:CE:11:22:33	172.16.14.5	8.8.8.8	port 1456	port 69

Этот пакет удовлетворяет условиям фильтра с номером 0 и должен быть перенаправлен на интерфейсы EG1 и EG2. При этом, согласно 4-й и 5-й записи конфигурационного файла, при копировании на порт EG1 будет произведена замена MAC-адреса отправителя на адрес 00:AA:BB:CC:11:41, а при копировании на порт EG2 — замена IP-адреса получателя на адрес 10.0.0.9. Значение UDP-порта получателя для обоих портов изменится на 5 000.

Пакет, который будет отправлен с порта EG1:

Dst MAC 00:AA:BB:CC:11:41	Src MAC 00:21:CE:11:22:33	Src IP 172.16.14.5	Dst IP 8.8.8.8	Src UDP port 1456	Dst UDP port 5000
------------------------------	------------------------------	-----------------------	-------------------	----------------------	----------------------

Пакет, который будет отправлен с порта EG2:

Dst MAC 00:21:CE:66:77:88	Src MAC 00:21:CE:11:22:33	Src IP 172.16.14.5	Dst IP 10.0.0.9	Src UDP port 1456	Dst UDP port 5000
------------------------------	------------------------------	-----------------------	--------------------	----------------------	----------------------

## 11. Команды и инструменты

### 11.1. Системные команды

#### help

Служит для вывода списка всех команд или справочной информации по отдельной команде.

##### **Синтаксис**

Вывод списка команд:

```
help
```

Вывод справочной информации для конкретной команды:

```
help <command>
```

#### versions

Служит для вывода номера версии программного обеспечения.

##### **Синтаксис**

```
versions
```

Команда не имеет параметров и опций.

#### uptime

Служит для вывода времени работы устройства с момента включения.

##### **Синтаксис**

```
uptime
```

Команда не имеет параметров и опций.

#### history

Служит для вывода списка введённых ранее команд.

##### **Синтаксис**

```
history
```

Команда не имеет параметров и опций.

#### bootup

Служит для вывода количества включений прибора.

##### **Синтаксис**

Вывод текущего значения счётчика:

```
bootup
```

Сброс счётчика:

```
bootup clear
```

## settings

Служит для сохранения настроек, выполненных с помощью команд «filter» и «iface», в энергонезависимую память прибора, а также для загрузки или удаления этих настроек из памяти.

### Синтаксис

Сохранение текущих настроек:

```
settings save
```

Удаление настроек:

```
settings clear
```

Загрузка настроек:

```
settings load
```

## 11.2. Настройка интерфейсов и получение статусной информации

### iface

Служит для настройки физических интерфейсов (EG, EX) и вывода статусной информации.

### Синтаксис

Вывод информации по всем интерфейсам:

```
iface
```

Изменение настроек или вывод статусной информации для интерфейса с именем «NAME»:

```
iface <NAME> [up|down] [mode lan|wan] [speed 10|100|1000] [autoneg on|off] [advertize  
[10|100|1000|all]] [lb on|off]
```

### Параметры

- без параметров — вывести всю статусную информацию по всем физическим интерфейсам (EG, EX);
- NAME — название интерфейса (EG, EX), для которого необходимо вывести статусную информацию или изменить настройки.

### Опции

- up — включить интерфейс;
- down — выключить интерфейс;
- mode lan — выбрать LAN-режим работы интерфейса (только для интерфейсов EX);
- mode wan — выбрать WAN-режим<sup>1</sup> работы интерфейса (только для интерфейсов EX);
- speed [10|100|1000] — выбрать скорость передачи данных (только для интерфейсов EG);
- autoneg on — включить режим автосогласования (только для интерфейсов EG);
- autoneg off — выключить режим автосогласования (только для интерфейсов EG);

---

<sup>1</sup> WAN-режим — вариант 10G Ethernet, адаптированный для работы в сетях OC-192.



- `advertize [10|100|1000]` — выбрать предпочитаемую скорость соединения: 10, 100 или 1000 Мбит/с (только для интерфейсов EX при включённом автосогласовании);
- `advertize [all]` — установить соединение на любой из скоростей 10/100/1000 Мбит/с (только для интерфейсов EX при включённом автосогласовании);

**Примечание.** Соединение будет установлено только в том случае, если на противоположном конце также используется автосогласование, и как минимум одна предпочитаемая скорость совпадает. Соединение устанавливается на предпочитаемой скорости, максимальной для обоих устройств.

- `lb on` — включить режим перенаправления трафика («Шлейф») на исходный порт (только для интерфейсов EX);

**Примечание.** Режим «Шлейф» позволяет не только перенаправить трафик на исходный порт, но и отправить его на порты EG с возможностью предварительной фильтрации.

- `lb off` — выключить режим шлейф (только для интерфейсов EX).

### Примеры использования

1. Включить интерфейс EX1 и установить на нём режим WAN:

```
iface ex1 up mode wan
```

2. Включить режим автосогласования на интерфейсе EG2:

```
iface eg2 autoneg on
```

## 11.3. Настройка фильтров

### filters

**Примечание.** Для использования инструмента «filters» следует подключиться только к основной платформе (см. раздел 8.2 и 8.3). Соединение с конкретным модулем не требуется.

#### Правила и фильтры

Инструмент `filters` позволяет настроить до 2016 правил для каждого интерфейса EX. Правило представляет собой набор фильтров. Фильтр — это критерий, по которому проверяются все пакеты, поступающие на выбранный интерфейс. Например, фильтром может быть определённый IP-адрес или номер TCP/UDP-порта. Если пакет не соответствует ни одному из правил, он удаляется.

#### Словарь правил

Все создаваемые правила добавляются в словарь, который может храниться в памяти основной платформы и/или конкретного модуля. Правила можно последовательно вводить в командную строку или создать специальный текстовый файл, содержащий набор правил.

Удалять словарь можно как из памяти основной платформы, так и из памяти конкретного модуля.

#### Синтаксис

```
filters [-n] [-w file] [-w clear] [-w fclear] [-w "$fields"] [-F $filename] [-r] [-R]
[-f] [-l] [-d, --device] [-h, --help] [-v, --version]
```

#### Опции

- `n` — очистить список правил для обоих интерфейсов: будут удалены все временные файлы и словари; модуль задается с помощью ключа `-d` (по умолчанию используется MX-A);

- -w file — добавить в словарь основной платформы правила, указанные в файле /etc/MX/filters/MX-A...D/rules и записать их на соответствующий модуль; модуль задается с помощью ключа -d (по умолчанию используется MX-A);
- -w clear — очистить список правил для обоих интерфейсов EX заданного модуля; модуль задается с помощью ключа -d (по умолчанию — MX-A);
- -w fclear — быстро выключить все правила для обоих интерфейсов EX заданного модуля; модуль задается с помощью ключа -d (по умолчанию — MX-A);
- -w "a b c d e f g h i j" — создать правило и записать его в память основной платформы и конкретного модуля (описание буквенных обозначений представлено в таблице ниже); параметры, по которым не будет производиться фильтрация, обозначаются буквой «x», для них используется значение по умолчанию;

**Примечание.** Параметры d-f позволяют указать двоичную маску (16 бит для номеров портов, 8 бит для номера IP-протокола). Бит, равный нулю, соответствует любому значению. Например, диапазон номеров портов 8080/65534 (0xffff) включает значения 8080 и 8081.

Буквенное обозначение	Описание	Допустимые значения	Значение по умолчанию (x)
a (обязательное поле)	номер правила (правила с большим номером имеют больший приоритет)	0–2015	—
b	IP-адрес источника	XXX.XXX.XXX.XXX/XX, x	любое
c	IP-адрес получателя	XXX.XXX.XXX.XXX/XX, x	любое
d	IP-протокол	десятичное число в диапазоне 0...(2 <sup>16</sup> -1)/маска или x	любое
e	номер TCP/UDP-порта отправителя	десятичное число в диапазоне 0...(2 <sup>16</sup> -1)/маска или x	любое
f	номер TCP/UDP-порта получателя	десятичное число в диапазоне 0...(2 <sup>16</sup> -1)/маска или x	любое
g	порт для записи	ex1, ex2	ex1
h	действие при совпадении информации в принятом пакете с заданным правилом	drop (удалить), eg1 (перенаправить на интерфейс EG1), eg2 (перенаправить на интерфейс EG2), both (перенаправить на оба интерфейса: EG1 и EG2)	drop
i	Параметры замены полей пакетов. Формат записи: rrule:port или rrule_eg1:rrule_eg2:port, где rrule — номер записи конфигурационного файла; rrule_eg1, rrule_eg2 — номер записи конфигурационного файла для интерфейсов EG1 и EG2; port — номер UDP-порта получателя.	номер записи конфигурационного файла: 1...15; номер UDP-порта получателя: 0...65535	подмена отключена
j	статус правила	0 (запретить выполнение), 1 (разрешить выполнение)	1

- -F — задать имя файла со списком правил, отличное от используемого по умолчанию (/etc/mx/mxa..b/filters/rules);

- -r — вывести список правил в следующем виде:  
 FS rule # : 5  
 IPsrc : 4.1.1.1/24  
 IPdst : 1.1.1.2/0  
 Proto : 0/0  
 PORTsrc : 80/65535  
 PORTdst : 0/0  
 Act : both  
 Status : 1
- -R — вывести список правил в формате:  
 0 172.16.14.0/24 0.0.0.0/0 0/0 0/0 ex2 both 5:4:5000 1  
 44 0.0.0.0/0 1.1.2.3/24 0/0 8080/65535 0/0 ex1 eg1 0:0:0 1  
 а также создать файл, содержащий этот список (по умолчанию — /tmp/metrotek/mx/mxa..d/filters/rules\_returned);
- -f — добавить словарь в память основной платформы, не посылая его на определенный модуль;
- -l — записать созданный словарь на соответствующий модуль;
- -d — выбрать модуль: MX-A (a), MX-B (b), MX-C (c) или MX-D (d);
- -h — вывести информацию о программе «filters»;
- -v — вывести версию программы «filters».

## Примеры использования

1. Создать правило с номером «44» для интерфейса EX1 с любым IP-адресом источника, IP-адресом получателя 1.1.2.x, любым номером IP-протокола, номером TCP/UDP-порта источника 8080, любым номером порта получателя. Пакеты, удовлетворяющие правилу, пересылать на интерфейс EG1. Разрешить выполнение данного правила.

```
filters -w "44 x 1.1.2.3/24 x 8080 x ex1 eg1 x 1"
```

2. Создать правило с номером «0» для интерфейса EX2 с IP-адресом источника из подсети 172.16.14.0/24, любым IP-адресом получателя, любым номером IP-протокола, любыми номерами TCP/UDP-портов источника и получателя, любым номером порта получателя. Пакеты, удовлетворяющие правилу, пересылать на интерфейсы EG1 и EG2. При копировании на EG1 произвести замену MAC- и IP-адресов согласно 4-й записи конфигурационного файла, при копировании на EG2 — согласно 5-й записи. Значение UDP-порта получателя для обоих интерфейсов изменить на 5 000. Разрешить выполнение данного правила.

```
filters -w "0 172.16.14.0/24 x x x x ex2 both 4:5:5000 1"
```

# filter

Команда отвечает за вывод информации о состоянии фильтров, настройку параметров и управление работой фильтров.

## Синтаксис команды

Вывод информации по всем фильтрам:

```
filter
```

Изменение настроек фильтра с номером «fnum»:

```
filter <fnum> <from ex1|ex2> [mode on|off] [to eg1|eg2|drop]
[vlan_id value|any] [vlan_pri value|any] [mpls_label value|any]
[mpls_exp value|any] [ipsrc value|any] [ipdst value|any]
[dscp value|any] [proto value|any] [portsrc value|startport-endport
[odd|even]|any|all] [portdst value|startport-endport
[odd|even]|any|all] [port value|startport-endport [odd|even]|any|all]
[string <pattern> [from] [to]] [iplen [min-max|value]]
[ipoffset [on|off]] [rrule <1..15[:1..15]>] [rportdst <0..65535>]
[clear]
```

## Параметры

- без параметров — вывести информацию о настройках всех фильтров;
- fnum — выбрать фильтр с определённым номером; номер указывается в виде целого числа в диапазоне 0...9.

*Примечание.* Чем больше номер фильтра, тем выше его приоритет.

- from ex1|ex2 — выбрать интерфейс.

## Опции

- mode on — включить фильтр;
- mode off — выключить фильтр;
- to eg1 — отправлять пакеты на интерфейс EG1;
- to eg2 — отправлять пакеты на интерфейс EG2;
- to drop — уничтожать пакеты;
- vlan\_id — задать значение идентификатора VLAN (VLAN ID): десятичное или шестнадцатеричное число в диапазоне 0...4095;
- vlan\_id any — отключить фильтрацию по значению поля;
- vlan\_pri — задать значение приоритета VLAN (VLAN Priority): десятичное или шестнадцатеричное число в диапазоне 0...7;
- vlan\_pri any — отключить фильтрацию по значению поля;
- mpls\_label — задать значение идентификатора MPLS-метки: десятичное или шестнадцатеричное число в диапазоне 0...0xFFFFF;
- mpls\_label any — отключить фильтрацию по значению поля;
- mpls\_exp — задать значение EXP битов MPLS-метки: десятичное или шестнадцатеричное число в диапазоне 0...7;

- `mpls_exp any` — отключить фильтрацию по значению поля;
- `ipsrc` — задать IP-адрес источника/маску;
- `ipsrc any` — отключить фильтрацию по значению поля;
- `ipdst` — задать IP-адрес получателя/маску;
- `ipdst any` — отключить фильтрацию по значению поля;
- `dscp` — DSCP биты IP-заголовка: десятичное или шестнадцатеричное число в диапазоне 0...255 (см. табл. 13.1);
- `dscp any` — отключить фильтрацию по значению поля;
- `proto` — задать протокол 4 уровня: десятичное или шестнадцатеричное число в диапазоне 0...255;
- `proto any` — отключить фильтрацию по значению поля;
- `portsrc value | startport-endport [odd|even]` — задать номер (value) или интервал номеров (startport-endport) TCP/UDP-портов источника в виде десятичных или шестнадцатеричных чисел в диапазоне 0...0xFFFF; при использовании параметра odd|even данная опция позволяет выбрать только чётные/нечётные номера из заданного интервала;
- `portsrc any` — отключить фильтрацию по значению TCP/UDP-порта источника;
- `portsrc all` — включить фильтрацию всего диапазона TCP/UDP-портов отправителя (0...0xFFFF);
- `portdst value | startport-endport [odd|even]` — задать номер (value) или интервал номеров (startport-endport) TCP/UDP-портов получателя в виде десятичных или шестнадцатеричных чисел в диапазоне 0...0xFFFF; при использовании параметра odd|even данная опция позволяет выбрать только чётные/нечётные номера из заданного интервала;
- `portdst any` — отключить фильтрацию по значению TCP/UDP-порта получателя;
- `portdst all` — включить фильтрацию всего диапазона TCP/UDP-портов получателя (0...0xFFFF);
- `port value | startport-endport [odd|even]` — задать номер (value) или интервал номеров (startport-endport) TCP/UDP-портов получателя и отправителя в виде десятичных или шестнадцатеричных чисел в диапазоне 0...0xFFFF; при использовании параметра odd|even данная опция позволяет выбрать только чётные/нечётные номера из заданного интервала;
- `port any` — отключить фильтрацию по значению TCP/UDP-порта отправителя и получателя;
- `port all` — включить фильтрацию всего диапазона TCP/UDP-портов отправителя и получателя (0...0xFFFF);
- `string <pattern>` — задать строку для поиска внутри содержимого всего пакета; строка может быть задана несколькими способами (в кавычках или без):
  - последовательностью букв и символов: «hello», «hello, world»;
  - последовательностью байт: \xAA\xBC\x15;
  - последовательностью букв и байт: «hello \xAA\xBC\x15».
- `string <pattern> [from] [to]` — задать интервал байт для поиска начала строки внутри содержимого пакета:
  - `from` — номер байта после IP-заголовка пакета, с которого начнётся поиск строки;
  - `to` — номер байта после IP-заголовка пакета, до которого будет выполняться поиск строки.
- `iplen [min-max|value]` — включить фильтрацию по длине IP-пакета:

- min-max — минимальное и максимальное значение диапазона длины пакета;
- value — значение длины пакета.
- ipoffset [on | off] — включить/выключить фильтрацию по значению смещения в IP-заголовке (по умолчанию фильтрацию по значению смещения выключена):
  - on — фильтр пропускает только те пакеты, у которых смещение в IP-заголовке больше нуля;
  - off — фильтр пропускает все пакеты;
- rrule <1..15[:1..15]> — задать номер записи конфигурационного файла, который будет использоваться для подмены полей пакетов (двоеточие разделяет номера записей для интерфейсов EG1 и EG2);
- rportdst <0..65535> — задать номер UDP-порта получателя для подмены (при выборе нулевого значения подмена производится не будет);
- clear — сбросить настройки для выбранного фильтра.

### Примеры использования

1. Внести изменения в фильтр с номером «2» — перенаправить с порта EX1 на порт EG1 все пакеты с IP-адресом источника 192.168.10.10 и IP-адресом получателя из подсети 192.168.222.0/24:

```
filter 2 from ex1 ipsrc 192.168.10.10 ipdst 192.168.222.0/24 to eg1
```

2. Внести изменения в фильтр с номером «4» — удалить из потока, приходящего на порт EX2, все пакеты, у которых VLAN ID = 7:

```
filter 4 from ex2 vlan_id 0x7 to drop
```

3. С помощью фильтра с номером «5» выделить из потока, приходящего на порт EX1, пакеты, номер TCP/UDP-порта которых находится в интервале от 100 до 200 и при этом является нечётным:

```
filter 5 from ex1 portsrc 100-200 odd
```

4. С помощью фильтра с номером «6» выделить из потока, приходящего на порт EX2, пакеты, номер TCP/UDP-порта отправителя или получателя которых находится в интервале от 250 до 1000 и при этом является чётным (если пакет имеет одинаковые номера TCP/UDP-портов отправителя и получателя, удовлетворяющие условиям фильтрации, данный пакет также будет выделен из потока):

```
filter 6 from ex2 port 250-1000 even
```

5. С помощью фильтра с номером «7» искать начало строки «hello» в интервале с 5 по 12 байт после IP-заголовка пакетов, приходящих на порт EX2:

```
filter 7 from ex2 string hello 5 12
```

6. С помощью фильтра с номером «9» искать начало строки «hello» в интервале с 5 байта после IP-заголовка до конца пакета:

```
filter 9 from ex2 string hello 5
```

7. С помощью фильтра с номером «1» выделить из потока, приходящего на порт EX1, пакеты с IP-адресом источника из подсети 172.16.14.0/24. Скопировать эти пакеты на интерфейсы EG1 и EG2. При копировании на EG1 произвести замену MAC- и IP-адресов согласно 3-й записи конфигурационного файла, при копировании на EG2 замену не производить. Значение UDP-порта получателя для обоих интерфейсов изменить на 5 000.

```
filter 1 from ex1 to eg* ipsrc 172.16.14.0/24 rrule 3:0 rportdst 5000
```

## 11.4. Настройка удаления VLAN-тегов и MPLS-меток

### tag\_rm

Команда служит для настройки удаления VLAN-тегов и MPLS-меток из пакетов, передаваемых на EG-интерфейсы.

**Примечание.** Беркут-MX поддерживает обработку пакетов, содержащих до трёх VLAN-тегов и MPLS-меток. Теги и метки можно удалять одновременно.

#### Синтаксис команды

```
tag_rm <ex1|ex2|ex*> <eg1|eg2|eg*> [mpls [tags nums|all|none]]
[vlan [tags nums|all|none]]
```

#### Параметры

- без параметров — вывести текущее состояние настроек удаления меток в следующем виде:

	EX1		EX2	
	EG1	EG2	EG1	EG2
VLAN	.2.	...	...	...
MPLS	123	...	...	...

- `ex1 | ex2 | ex*` — выбрать входной интерфейс, для которого будет произведена настройка удаления VLAN-тегов и MPLS-меток;
- `eg1 | eg2 | eg*` — выбрать выходной интерфейс, на который будут отправляться пакеты после удаления VLAN-тегов и MPLS-меток.

#### Опции

- `mpls [tags nums | all | none]` — задать порядковые номера MPLS-меток, которые требуется удалить: первой считается метка, расположенная ближе всего к полю «MAC-адрес» в пакете. При выборе «all» будут удалены все метки. Опция «none» отключает удаление меток.
- `vlan [tags nums | all | none]` — задать порядковые номера VLAN-тегов, которые требуется удалить: первым считается тег, расположенный ближе всего к полю «MAC-адрес» в пакете. При выборе «all» будут удалены все теги. Опция «none» отключает удаление тегов.

#### Примеры использования

1. Для пакетов, приходящих на интерфейс EX1 и перенаправляемых на EG1, выполнить удаление первого и второго VLAN-тега:

```
tag_rm ex1 eg1 vlan 1 2
```

2. Для пакетов, приходящих на интерфейсы EX1 и EX2 и перенаправляемых на EG2, выполнить удаление всех MPLS-меток:

```
tag_rm ex* eg2 mpls all
```

3. Для пакетов, приходящих на интерфейс EX1 и перенаправляемых на EG2, выполнить удаление 2-й MPLS-метки. После этого отменить удаление 2-й метки и задать удаление 3-й метки:

```
tag_rm ex1 eg2 mpls 2
```

```
tag_rm ex1 eg2 none
```

```
tag_rm ex1 eg2 mpls 3
```

## 11.5. Настройка таблицы замены полей пакетов

### replace-table

Инструмент «replace-table» позволяет выполнить настройку подмены MAC- и IP-адресов (см. раздел 10).

#### Синтаксис

```
replace-table [-h, --help] [-D, --dry-run] [-v, --verbose]
[-s, --show] [-a < addr >, --netaddr < addr >] [-i < addr >,
--ip < addr >] [-n < 1-15 >, --number < 1-15 >] [-m < addr >,
--mac < addr >] [-V, --version] [-e < 1 | 2 | all >,
--ex < 1 | 2 | all >] [-d < a-d >, --device < a-d >] [-f FILE,
--file FILE]
```

#### Опции

без параметров — применить настройки конфигурационного файла (см. раздел 10.3), для интерфейсов EX1 и EX2 модуля MX-A (по умолчанию).

**Примечание.** Конфигурационный файл по умолчанию хранится в памяти основной платформы /etc/mx/replace-table.ini или, в случае централизованного управления несколькими Беркут-MX, на сервере — /etc/metrotek/mx/replace-table.ini.

- -h — вывести информацию об инструменте «replace-table»;
- -D — выполнить команду в тестовом режиме;
- -v — выполнить команду с выводом дополнительной отладочной информации;
- -s — вывести в текстовом виде все настройки, заданные в конфигурационном файле;
- -a < addr > — выполнить команду для указанного IP-адреса или доменного имени прибора (используется при централизованном управлении несколькими Беркут-MX);

**Примечание.** Если IP-адрес не указан, то будет использован адрес, прописанный в файле /etc/metrotek/mx/mxip в случае централизованного управления и /etc/mx/mxip в случае непосредственного управления прибором.

- -i < addr > — IPv4-адрес, на который следует заменить IPv4-адресополучателя;
- -n < 1-15 > — номер записи в конфигурационном файле;
- -m < addr > — MAC-адрес, на который следует заменить MAC-адрес получателя;
- -V — вывести номер версии инструмента replace-table;
- -e < 1 | 2 | all > — выбрать номер интерфейса EX, для которого выполняется конфигурация (по умолчанию — «all»): EX1 (1), EX2 (2), EX1 и EX2 (all);
- -d < a-d > — выбрать модуль, для которого выполняется конфигурация (по умолчанию — «a»): MX-A (a), MX-B (b), MX-C (c), MX-D (d);
- -f FILE — указать путь к конфигурационному файлу (используется, когда имя файла отличается от имени по умолчанию).

#### Примеры использования

1. Применить настройки конфигурационного файла, используемого по умолчанию, для интерфейса EX1 модуля MX-A:

```
replace-table -e 1
```



2. Применить настройки конфигурационного файла, отличного от файла по умолчанию, для обоих интерфейсов модуля MX-B:

```
replace-table -d b -f <путь_к_файлу>
```

3. Изменить 4-ю запись конфигурационного файла, добавив в неё новые значения MAC- и IP-адреса получателя:

```
replace-table -n 4 --ip 1.2.3.4 --mac FF:FF:FF:00:00:00
```

## 11.6. Настройка статистики

### stat

Команда выполняет вывод статистики по портам и по фильтрам.

#### Синтаксис команды

```
stat <start|stop|clear>
```

#### Параметры

- без параметров — вывести статистику по портам и по фильтрам;
- start — запустить процесс считывания статистики;
- stop — остановить процесс считывания статистики;
- clear — сбросить счётчики статистики.

#### Примеры использования

1. Начать считывание статистики по портам и по фильтрам:

```
stat start
```

2. Выполнить сброс счётчиков статистики:

```
stat clear
```

## 11.7. Генерация частоты

### freq

Команда включает генерацию частоты 62,5 МГц на портах EG1/EG2.

**Примечание.** Перед выполнением команды необходимо включить соответствующий интерфейс: «iface eg1 up» или «iface eg2 up».

#### Синтаксис команды

```
freq [eg1|eg2] <stop>
```

#### Параметры

- eg1 — включить генерацию частоты на порту EG1;
- eg2 — включить генерацию частоты на порту EG2;
- stop — остановить генерацию.

#### Примеры использования

1. Включить генерацию частоты на порту EG1:

```
freq eg1
```

2. Выключить генерацию частоты на порту EG2:

3. freq eg2 stop

## 12. Обновление программного обеспечения

Для прибора Беркут-МХ предусмотрены процедуры обновления программного обеспечения (ПО) основной платформы и модулей через интерфейс USB. Обновлённое ПО может включать как исправление ошибок, так и новые функциональные возможности. Сохранённые на приборе данные и настройки в процессе обновления будут удалены.

### 12.1. Подготовка к обновлению

Перед обновлением ПО основной платформы необходимо загрузить на USB-накопитель образ файловой системы в формате ubifs с сайта <http://metrotek.spb.ru>. На накопителе должен быть один раздел, отформатированный в FAT32.

Перед обновлением ПО модулей необходимо загрузить файлы программы MCU (расширение .bin), файлы микрокода FPGA (расширение .rbf), прошивку трансивера (расширение .bin).

### 12.2. Алгоритм обновления основной платформы

1. Подключить USB-порт прибора Беркут-МХ к USB-порту компьютера.
2. Запустить программу minicom: `minicom -D /dev/ttyUSB0 -b 115200`
3. Подключить USB-накопитель, содержащий файлы обновлений, к USB-разъёму на задней панели прибора.
4. Подключить к прибору внешний источник питания и наблюдать за информацией, которая выводится в окно терминальной программы.
5. В окне терминальной программы будет указано, на сколько процентов завершено обновление. В случае удачного обновления в конце вывода появится надпись «Flashing DONE!», в случае ошибки – «Flashing FAILED!».
6. Если на USB-накопитель был помещён пакет с загрузчиком, то начнётся его установка. В случае удачной установки будет выведено сообщение «Deb packages installing DONE!», в случае ошибки – «Deb packages installing FAILED!»
7. После окончания процесса обновления следует извлечь USB-накопитель и перезагрузить прибор.

После успешного выполнения всех вышеперечисленных действий прибор готов к работе.

### 12.3. Алгоритм обновления модулей

1. Подключиться к прибору Беркут-МХ по интерфейсу USB (см. раздел 8.2) или Ethernet (см. раздел 8.3).
2. Стандартное расположение файлов с компонентами прошивки в файловой системе:
  - `/lib/firmware/exp-mx_mcu.bin` – файлы программы MCU;
  - `/lib/firmware/fpga/mx-*-fpga.rbf` – файлы микрокода FPGA (вместо \* могут быть любые символы);
  - `/lib/firmware/vitesse-fw.bin` – прошивка трансивера.
3. Для обновления программы MCU ввести команду:  
`mx-util -d <имя_модуля> -m <путь_к_файлу_программы_MCU>`
4. Для обновления программы FPGA ввести команду:

```
mx-util -d <имя_модуля> -f <путь_к_файлу_микροкода_FPGA> -w <путь_к_файлу_прошивки_трансивера>
```

## 5. Перезагрузить модуль:

```
mx-util -d <имя_модуля> -r
```

После успешного выполнения всех вышеперечисленных действий прибор готов к работе.

### 12.3.1. Пример

Ниже приведён пример обновления программы MCU и FPGA модуля «D».

#### 1. Обновление программы MCU:

```
root@mx02:~# mx-util -d d -m MX_0.0.2-68.bin
```

Вывод, который означает успешное выполнение команды:

```
Reflashing MCU f/w in device 'd'...
Switching device 'd' to dfu mode... done
Waiting while MCU appears as DFU... done
Please wait while searching for available DFU devices...
Found DFU: [0x0483:0xdf11] devnum=14, cfg=0, intf=0, alt=0,
name="@Internal Flash /0x08000000/128*002Kg"
Found DFU: [0x0483:0xdf11] devnum=14, cfg=0, intf=0, alt=1,
name="@Option Bytes /0x1FFFF800/01*016 g" Opening USB Device 0x0000:0x0000...
Found Runtime: [0x0483:0xdf11] devnum=14, cfg=0, intf=0, alt=0,
name="@Internal Flash /0x08000000/128*002Kg"
Claiming USB DFU Runtime Interface...
Setting Alternate Setting ...
Determining device status: state = dfuERROR, status = 10
dfuERROR, clearing status
Determining device status: state = dfuIDLE, status = 0
dfuIDLE, continuing
Transfer Size = 0x0800
Offset = 0x08000000
bytes_per_hash=3572
Starting download: [#####] finished! Done!
```

#### 2. Обновление программы FPGA:

```
root@mx02:~# mx-util -d d -f tap2-fpga_0.0.5-4.rbf
```

Вывод, который означает успешное выполнение команды:

```
Switching device 'd' to dfu mode... done
Waiting while MCU appears as DFU... done Uploading flash downloader...
Please wait while searching for available DFU devices...
Found DFU: [0x0483:0xdf11] devnum=16, cfg=0, intf=0, alt=0,
name="@Internal Flash /0x08000000/128*002Kg"
Found DFU: [0x0483:0xdf11] devnum=16, cfg=0, intf=0, alt=1,
name="@Option Bytes /0x1FFFF800/01*016 g" Opening USB Device 0x0000:0x0000...
Found Runtime: [0x0483:0xdf11] devnum=16, cfg=0, intf=0, alt=0,
```

```

name="@Internal Flash /0x08000000/128*002Kg" Claiming USB DFU Runtime Interface...
Setting Alternate Setting ...
Determining device status: state = dfuERROR, status = 10
dfuERROR, clearing status
Determining device status: state = dfuIDLE, status = 0
dfuIDLE, continuing
Transfer Size = 0x0800
Offset = 0x20001000
bytes_per_hash=500
Starting download: [#####] finished!
Done!
Waiting while MCU appears as DFU... done Uploading FPGA firmware...
Please wait while searching for available DFU devices...
Found DFU: [0x0483:0xdf11] devnum=21, cfg=0, intf=0, alt=0,
name="@SPI Flash : AT25DF641 /0x00000000/128*64Kg"
Opening USB Device 0x0000:0x0000...
Found Runtime: [0x0483:0xdf11] devnum=21, cfg=0, intf=0, alt=0,
name="@SPI Flash : AT25DF641 /0x00000000/128*64Kg"
Claiming USB DFU Runtime Interface...
Setting Alternate Setting ...
Determining device status: state = dfuDNBUSY, status = 0
Determining device status: state = dfuDNLOAD-IDLE, status = 0
aborting previous incomplete transfer
Determining device status: state = dfuIDLE, status = 0
dfuIDLE, continuing
Transfer Size = 0x0800
Offset = 0x00000000
bytes_per_hash=47777
Starting download: [#####] finished! Done!

```

### 3. Перезагрузка модуля:

```

root@mx02:~# mx-util -d d -r
Resetting device 'd'... done

```

Модуль «D» прибора Беркут-MX успешно обновлён.

## 13. Справочные таблицы

### 13.1. Поле DSCP

DS5	DS4	DS3	DS2	DS1	DS0	ECN	ECN
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

DSCP – 6 бит (DS5 - DS0)

ECN – 2 бита

Рисунок 13.1. Поле DSCP

Поле DSCP состоит из 8 бит и позволяет задавать большее число классов обслуживания трафика, чем поля Precedence и ToS. Описание старших 6 бит представлено в табл. 13.1. Младшие 2 бита используются протоколом TCP для передачи информации о перегрузках и описаны в табл. 13.2.

Таблица 13.1. Класс обслуживания трафика и значение поля DSCP

Класс трафика	Значение поля DSCP	Десятичная форма	Шестнадцатеричная форма
Default	000000	0	0
AF11	001010	10	A
AF12	001100	12	C
AF13	001110	14	E
AF21	010010	18	12
AF22	010100	20	14
AF23	010110	22	16
AF31	011010	26	1A
AF32	011100	28	1C
AF33	011110	30	1E
AF41	100010	34	22
AF42	100100	36	24
AF43	100110	38	26
EF	101110	46	2E

Каждому классу обслуживания трафика ставится в соответствие определённое значение поля DSCP. В таблице приведены рекомендуемые значения в соответствии с методиками RFC 2597 [1] и RFC 2598 [2].

Default – «негарантированная передача». Трафику данного класса обслуживания выделяются сетевые ресурсы, оставшиеся свободными при передаче трафика других классов.

AF (Assured Forwarding) – «гарантированная передача». Используется для доставки трафика большинства TCP-приложений с применением четырёх независимых AF-классов. Внутри каждого класса IP-пакетам может быть назначена одна из трёх дисциплин отбрасывания пакета данных (см. методику RFC 2597 [1]).

EF (Expedited Forwarding) – «немедленная передача». Применяется для обслуживания трафика, чувствительного к задержкам и требующего минимального джиттера, такого, как видео или речь (Voice over IP – VoIP).

Таблица 13.2. Значение поля ECN

Значение	Десятичная/шестнадцатеричная форма	Описание
00	0/0	Not-ECT (Not-ECN-Capable Transport) – поток, не поддерживающий ECN.
01	1/1	ECT (1) (ECN-Capable Transport) – поток, поддерживающий ECN.
10	2/2	ECT (0) (ECN-Capable Transport) – поток, поддерживающий ECN. Трактуются маршрутизаторами так же, как и ECT (1).
11	3/3	CE (Congestion Experienced) – подтверждённая перегрузка.

ECN (Explicit Congestion Notification) – «явное уведомление о перегруженности». Установка бит данного поля дает возможность маршрутизаторам узнать о возникновении перегруженности на пути следования данных к заданному узлу сети без отбрасывания пакета. Поле ECN описано в методике RFC 3168 [3].

## 14. Спецификации

### 14.1. Интерфейсы

EX	Оптические 10G интерфейсы. Поддерживаемые стандарты SFP+ модулей: 10GBASE-SR, 10GBASE-LR, 10GBASE-ER, 10GBASE-SW, 10GBASE-LW, 10GBASE-EW
EG	Медный 1G интерфейс: 10/100/1000 Мбит/с, полный дуплекс.
Management	Системный USB-порт, тип В, и системный порт, стандарт 10/100BASE-T, для настройки и управления.

### 14.2. Тестирование

Обработка трафика	Параметры фильтрации: MPLS, VLAN, IP-адрес источника/получателя + маска, номер UDP/TCP-порта отправителя/получателя, DSCP. Количество фильтров (правил): по 10 на каждый интерфейс EX. Перенаправление потока данных на интерфейсы EG, удаление потока. Поддерживаемые размеры кадров: 64–1518 байт.
Сбор статистики	Подсчёт количества пакетов и байт данных, поступивших на интерфейсы EX, EG. Подсчёт количества пакетов и байт данных, совпавших по правилу фильтрации (отдельно по каждому из 10 правил). Подсчёт количества пакетов и байт данных, которые в результате фильтрации должны быть перенаправлены на порт EG, но не поместились в 1G полосу.

### 14.3. Общие характеристики

Физические параметры	
Габаритные размеры (Ш×В×Г), мм	482,6×44,45×348 (19", 1U)
Масса прибора, кг	4,3
Масса модуля, кг	0,158
Масса блока питания, кг	0,85
Метрологические характеристики	
Контрольная частота, кратная тактовой частоте формируемого сигнала потока данных, МГц	62,5
Пределы допускаемой относительной погрешности контрольной частоты	$\pm 100 \times 10^{-6}$
Мощность на выходе оптических интерфейсов, дБм	10GBASE-SR/SW, 850 нм: -7,3...-1,0 10GBASE-LR/LW, 1310 нм: -8,2...-0,5 10GBASE-ER/EW, 1550 нм: +4,0...-4,7
Условия эксплуатации	
Диапазон рабочих температур	0–35 °C
Диапазон температур транспортировки и хранения	-10...+45 °C
Относительная влажность воздуха	80 % при температуре 25 °C
Электропитание	
Напряжение питания	85–264 В, 50 Гц
Потребляемая мощность <sup>2</sup>	до 120 Вт

<sup>2</sup> Потребляемая мощность зависит от типа используемых оптических модулей и режима работы.

## 15. Глоссарий

Порт	Физический интерфейс с тестируемой средой.
10BASE-T	Стандарт передачи данных со скоростью 10 Мбит/с по сети Ethernet с использованием кабеля типа «витая пара».
100BASE-T (100BASE-TX)	Стандарт передачи данных со скоростью 100 Мбит/с по сети Ethernet с использованием кабеля типа «витая пара».
1000Base-T	Стандарт передачи данных со скоростью 1000 Мбит/с (1 Гбит/с) по сети Ethernet с использованием кабеля типа «витая пара».
10GBASE-T	Стандарт передачи данных со скоростью 10 Гбит/с по сети Gigabit Ethernet с использованием кабеля типа «витая пара».
AF	Assured Forwarding (гарантированная передача). Используется для доставки трафика большинства TCP-приложений с применением четырёх независимых AF-классов. Внутри каждого класса IP-пакету может быть назначен один из трёх приоритетов отбрасывания пакета данных (см. методику RFC 2597 [1]).
DSCP	Differentiated Services Code Point. Поле в заголовке IP-пакета, состоящее из 8 бит. Позволяет классифицировать больше видов трафика, чем поля Precedence и ToS.
DUT	Device Under Test. Тестируемое устройство.
ECN	Explicit Congestion Notification (явное уведомление о перегруженности). Установка бит данного поля дает возможность маршрутизаторам узнать о возникновении перегруженности на пути следования данных к заданному узлу сети без отбрасывания пакета. Поле ECN описано в методике RFC 3168 [3].
EF	Expedited Forwarding (немедленная передача). Применяется для обслуживания трафика, чувствительного к задержкам и требующего минимального джиттера, такого, как видео или речь (Voice over IP — VoIP).
Ethernet	Технология построения локальных сетей. Описывается стандартами IEEE группы 802.3.
IEEE 802.1Q	Стандарт, который определяет изменения в структуре кадра Ethernet, позволяющие передавать информацию о VLAN по сети.
MPLS	Multi-Protocol Label Switching (мультипротокольная коммутация по меткам). Технология пересылки IP-дейтаграмм, которая используется в высокоскоростных коммутирующих устройствах.
NUT	Network Under Test. Тестируемая сеть.
VLAN	Virtual Local Area Network (виртуальная локальная сеть). Представляет собой группу сетевых устройств, которые функционируют так, как будто они подключены к одному сегменту сети.
VLAN ID	VLAN Identifier (VID). 12-битный идентификатор VLAN, который определён в стандарте 802.1Q [4]. Однозначно определяет VLAN, которой принадлежит кадр.
VLAN Priority	Три бита, которые содержат информацию о приоритете кадра. Возможно восемь значений приоритета.



## 16. Литература

- [1] RFC 2597, «Assured Forwarding PHB Group», J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski, June 1999.
- [2] RFC 2598, «An Expedited Forwarding PHB», V. Jacobson, K. Nichols, K. Poduri, June 1999.
- [3] RFC 3168, «The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP», K. Ramakrishnan, S. Floyd, D. Black, September 2001.
- [4] IEEE Std 802.1Q, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks — Virtual Bridged Local Area Network