

Беркут-ММТ
Модуль анализа Ethernet/Gigabit Ethernet
B5-GBE

Руководство по эксплуатации
Версия 2.0.0-0, 2013

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 модуля В5-GBE, в аппаратную часть или программное обеспечение, а также в настоящее руководство по эксплуатации.

Оглавление

1	Условные обозначения и сокращения	7
2	Общие сведения	9
2.1	Область применения	9
2.2	Основные возможности	9
3	Комплект поставки	11
4	Меры безопасности	13
5	Внешний вид модуля V5-GBE	15
6	Установка модуля V5-GBE в прибор	19
7	Графический интерфейс	21
7.1	Обзор	21
7.2	Получение сводки об измерениях и настройках	22
7.3	Индикатор времени тестирования	22
7.4	Ввод информации	23
8	Диагностика состояния интерфейсов	25
9	Подключение к NUT/DUT	27
9.1	Выбор схемы подключения	27
9.2	Выбор топологии тестирования	31
9.2.1	Топология $A \Rightarrow B$ ($B \Rightarrow A$)	32
9.2.2	Топология $A \Rightarrow A$ ($B \Rightarrow B$)	33
9.3	Настройка тестовых пакетов	34
9.3.1	Установка IP- и MAC-адресов	35
9.3.2	Автоматическая подстановка IP- и MAC-адресов	36

9.3.3	Определение MAC-адреса получателя	36
9.3.4	Выбор размера кадра	37
10	RFC 2544. Быстрый старт	39
11	RFC 2544. Алгоритм проведения тестов	41
12	RFC 2544. Настройка параметров тестов	43
12.1	Параметры теста «Пропускная способность»	44
12.2	Параметры теста «Задержка»	45
12.3	Параметры теста «Потери кадров»	47
12.4	Параметры теста «Предельная нагрузка»	48
12.5	Дополнительные настройки	50
13	RFC 2544. Проведение анализа	53
13.1	Старт тестов	54
13.2	Определение статуса теста	55
13.3	Переключение график \Rightarrow таблица	55
14	RFC 2544. Результаты анализа	57
14.1	Пропускная способность. Результаты анализа	57
14.2	Задержка распространения. Результаты анализа	60
14.3	Уровень потерь кадров. Результаты анализа	62
14.4	Предельная нагрузка. Результаты анализа	65
15	Организация шлейфа	67
15.1	Общие сведения	68
15.2	Включение шлейфа	69
16	Тесты TCP/IP	71
16.1	Ping	72
16.2	Traceroute	74
16.3	ARP	76
16.4	Arping	78
16.5	FTP/HTTP	80
17	Транзит	83

18 Анализ протоколов передачи данных	85
18.1 Анализ протокола IPX	85
18.2 Анализ протокола SNMP	86
18.3 Анализ протокола PPP	88
19 Настройки портов	91
20 Сохранение/загрузка результатов измерений	93
A RFC 2544. Описание методики	95
A.1 Анализ пропускной способности	95
A.2 Анализ задержки	96
A.3 Анализ уровня потерь кадров	97
A.4 Анализ предельной нагрузки	98
B Структура Ethernet-кадра	99
C Спецификации	101
C.1 Интерфейсы	101
C.2 Тестирование	101
C.3 Общие характеристики	102
D Устранение неисправностей	103
E Структура каталогов	105
Литература	107

1. Условные обозначения и сокращения

В данном руководстве используются обозначения, приведенные в таблице ниже.

Таблица 1.1. Условные обозначения

Обозначение	Комментарий
Примечание:	Важное указание или замечание
Текст	Обозначение пункта меню прибора

В тексте руководства без расшифровки будут применяться сокращения, приведённые в таблице ниже.

Таблица 1.2. Сокращения

Сокращение	Комментарий
DUT	Device under test (Тестируемое устройство)
NUT	Network under test (Тестируемая сеть)
SLA	Service Level Agreement (Соглашение об уровне обслуживания)
QoS	Quality of Service (Качество обслуживания)
NGN	Next Generation Networks (Сети следующего поколения)
ПК	Персональный компьютер
ПО	Программное обеспечение
L1 (сокр. от layer 1)	Физический уровень модели OSI
L2 (сокр. от layer 2)	Канальный уровень модели OSI
L3 (сокр. от layer 3)	Сетевой уровень модели OSI
L4 (сокр. от layer 4)	Транспортный уровень модели OSI

2. Общие сведения

Модуль анализа Ethernet/Gigabit Ethernet B5-GBE (далее — модуль, модуль B5-GBE) совместно с прибором Беркут-ММТ предназначен для проведения анализа и диагностического тестирования сетевого оборудования по методике RFC 2544 [1], для оценки состояния кабеля, контроля связности канала. В модуле реализована функция организации шлейфа.

2.1 Область применения

- Паспортизация каналов и диагностика неисправностей в сетях, использующих технологию Ethernet/Gigabit Ethernet.
- Проверка соответствия качества предоставляемых услуг соглашению об уровне обслуживания SLA.

2.2 Основные возможности

1. Интерфейсы:
 - 2×SFP;
 - 2×10/100/1000 Base-T¹;
 - 1×LAN 10/100 Base-T;
 - 1×USB 1.1/2.0.
2. Тестирование в соответствии с методикой RFC 2544:
 - пропускная способность;
 - задержка;
 - уровень потерь кадров;
 - предельная нагрузка.
3. Организация шлейфа на физическом, канальном, сетевом и транспортном уровнях.

¹Наличие интерфейсов зависит от модификации модуля (см. раздел 5).

3. Комплект поставки

Таблица 3.1. Комплект поставки

Наименование	Кол-во
Модуль анализа Ethernet/Gigabit Ethernet	1
Брошюра «Беркут-ММТ. Модуль анализа Ethernet/Gigabit Ethernet. Руководство по эксплуатации».	1
Брошюра «Беркут-ММТ. Модуль анализа Ethernet/Gigabit Ethernet. Паспорт»	1
Кабель USB	1
Кабель Ethernet	1

4. Меры безопасности

- До начала работы с модулем В5-GBE следует внимательно изучить настоящее руководство по эксплуатации, назначение внешних разъёмов и составных частей модуля.
- Перед использованием необходимо выдержать модуль в нормальных условиях не менее 2-х часов.
- Условия эксплуатации должны соответствовать условиям, представленным в приложении С.3.
- При эксплуатации модуля 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 модуль от ударов, попадания влаги и пыли, длительного воздействия прямых солнечных лучей.

5. Внешний вид модуля B5-GBE

Вид передней и задней панелей модуля B5-GBE представлен на рис. 5.1, 5.2 и рис. 5.3. Существует две модификации модуля:

- первая модификация: каждый порт модуля (А и В) содержит два разъёма — RJ-45 и SFP¹;
- вторая модификация: каждый порт модуля (А и В) содержит один SFP разъём.

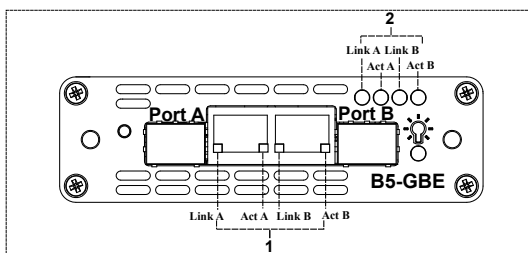


Рис. 5.1. Передняя панель модуля B5-GBE (первая модификация)

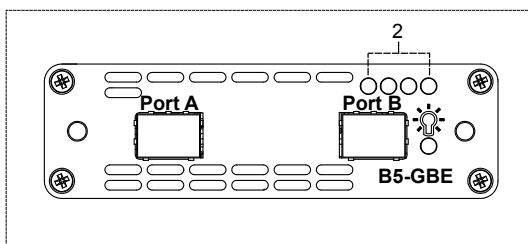


Рис. 5.2. Передняя панель модуля B5-GBE (вторая модификация)

¹Во время тестирования используется только один из разъёмов порта.

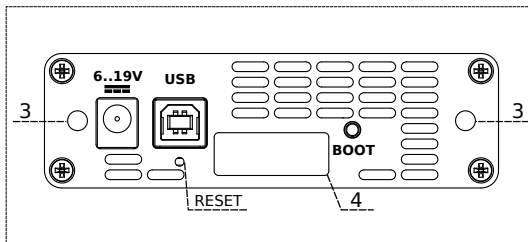


Рис. 5.3. Задняя панель модуля В5-GBE

Таблица 5.1. Описание индикаторов


Маркировка	Описание
	<p>Светодиод, отображающий подключение внешнего питания:</p> <ul style="list-style-type: none"> – не горит — питание не подано или модуль неисправен (см. раздел D); – горит зелёным — питание подано, модуль в рабочем режиме; – горит красным — питание подано, модуль в нерабочем режиме (см. раздел D).
<p>рис. 5.1, индикаторы 1</p>	<p>Четыре индикатора отображают наличие соединения и приёма/передачи пакетов в случае использования для тестирования разъёма RJ-45:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Link (зелёный, горит постоянно) — соединение с тестируемым оборудованием установлено. – Link (красный, горит постоянно) — соединения нет. – Act (мигает или горит постоянно) — идёт приём/передача пакетов. – Act (не горит) — приём/передача пакетов не осуществляется.

Таблица 5.1. Описание индикаторов: продолжение

рис. 5.1, 5.2 индикаторы 2	<p>Четыре индикатора отображают наличие соединения и состояние приема/передачи пакетов в случае использования для тестирования разъёма RJ-45 или SFP:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Link (зелёный, горит постоянно) — соединение с тестируемым оборудованием установлено. – Link (красный, горит постоянно) — соединения нет. – Act (мигает или горит постоянно) — идёт приём/передача пакетов. – Act (не горит) — приём/передача пакетов не осуществляется.
-------------------------------	---

Назначение разъёмов и подключаемые к ним устройства приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2. Описание разъёмов модуля

Маркировка	Назначение	Подключаемое устройство
Port A, Port B	Для модулей первой модификации: разъёмы RJ-45 для подключения к тестируемому устройству или сети Ethernet/Gigabit Ethernet (скорость передачи данных — 10/100/1000 Мбит/с).	Кабель Ethernet
	Для модулей первой и второй модификации: подключение SFP-модулей для соединения с тестируемым устройством или сетью Ethernet/Gigabit Ethernet (скорость передачи данных — 10/100/1000 Мбит/с)	SFP-модуль с соответствующим кабелем
6..19V	Подключение внешнего блока питания	Блок питания ²
USB	Подключение к ПК по интерфейсу USB	Кабель USB ¹
рис. 5.3, разъём 4	Подключение к анализатору	Анализатор Беркут-ММТ

²В стандартную комплектацию не входит.

Цифрой 3 на рис. 5.3 обозначены отверстия для закрепления модуля в приборе с помощью крепёжных винтов.

Кнопка BOOT и кнопка, обозначенная на рис. 5.3 как RESET, служат для обновления прошивки микроконтроллера модуля.

Кнопка RESET также служит для сброса модуля при подключении по USB и/или при наличии внешнего питания.

6. Установка модуля V5-GBE в прибор

Верхняя панель прибора Беркут-ММТ имеет два установочных места для сменных модулей.

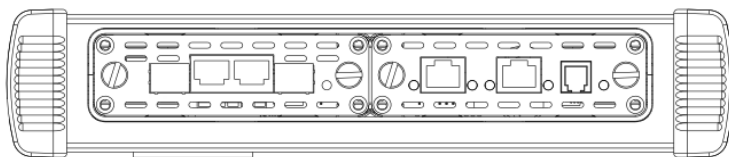


Рис. 6.1. Панель сменных модулей

Для подключения сменного модуля V5-GBE к прибору необходимо вставить модуль в любое свободное установочное место и завернуть крепёжные винты. При установке этикетка модуля должна располагаться лицом к пользователю (если смотреть на переднюю панель прибора).

Модуль определяется анализатором Беркут-ММТ автоматически. После этого загружаются программы, необходимые для настройки и проведения измерений. Загружаются только те программы, которые входят в комплект поставки (в соответствии с приобретёнными опциями).

Для извлечения модуля необходимо отвернуть крепёжные винты и, потянув за них, вынуть модуль из установочного места. После извлечения модуля загруженные ранее программы станут недоступны.

Примечание: в момент установки или извлечения модуля V5-GBE прибор Беркут-ММТ может находиться как во включённом, так и в выключенном состоянии.

7. Графический интерфейс

7.1 Обзор

Главное меню режима измерений «GVE» содержит кнопки перехода к приложениям для проведения анализа и кнопки перехода к настройкам параметров измерений.

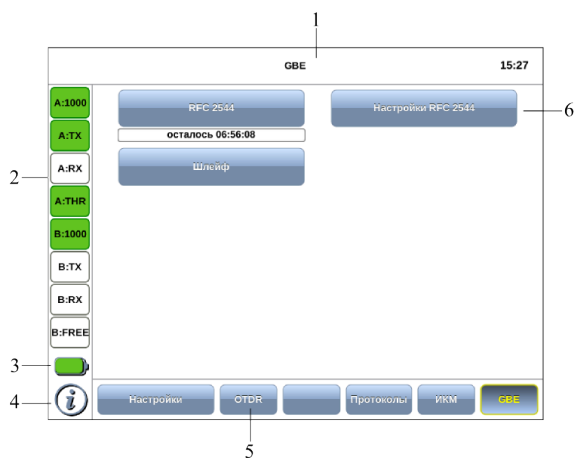




Рис. 7.1. Главное меню

1	Текущий режим измерений.
2	Панель индикаторов состояния интерфейсов (см. раздел 8).
3	Иконка состояния батареи ¹ .
4	Иконка информации об основных настройках тестов (см. раздел 7.2).
5	Кнопки переключения между измерительными модулями и основными режимами измерений.
6	Кнопки перехода к настройкам параметров измерений и доступным режимам измерений.

¹Подробное описание представлено в брошюре «Беркут-ММТ. Универсальный анализатор телекоммуникационных сетей. Руководство по эксплуатации».

7.2 Получение сводки об измерениях и настройках

Статусная панель отображается при нажатии на кнопку  или  ² и содержит информацию о настройках основных тестов, а также о состоянии выполняющихся измерений.

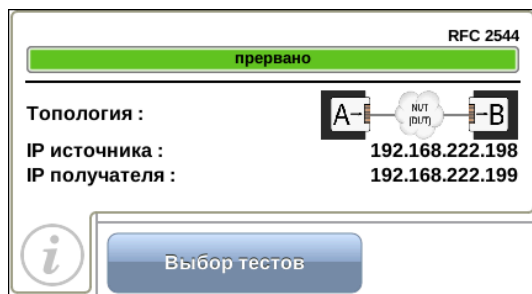
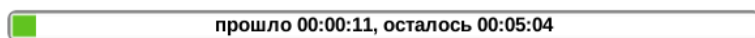


Рис. 7.2. Статусная панель

На панели отображаются индикаторы времени тестирования для всех выполняемых на данный момент измерений, а также настройки топологии и заголовка.

7.3 Индикатор времени тестирования

Индикатор времени тестирования отображает время, прошедшее с начала запуска теста, и время, оставшееся до окончания тестирования, в формате «чч:мм:сс».




Цвет индикатора может меняться в процессе анализа в зависимости от статуса теста (см. раздел 13.2):

- зелёный: тестирование проходит успешно;
- красный: произошла ошибка.

²Кнопка  расположена на передней панели корпуса прибора.

7.4 Ввод информации

При настройке некоторых параметров возникает необходимость ввода какой-либо информации (числа, строки). Для этих целей используется экранная клавиатура и клавиша .

Экранная клавиатура представляет собой вспомогательное окно, которое отображается при нажатии на поля, предназначенные для редактирования.

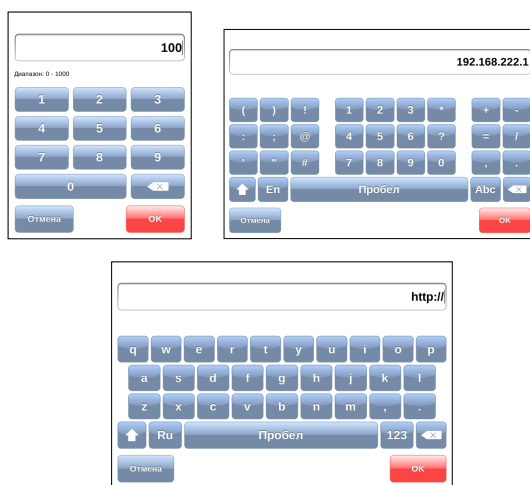











Рис. 7.3. Экранная клавиатура: ввод числовых и буквенных значений

Ввод значений осуществляется при нажатии на клавиши экранной клавиатуры.







Подтвердить введенные значения

Нажать на клавишу . Если введено неверное значение, то после нажатия на клавишу мигает строка с указанием диапазона допустимых значений для данной величины (строка расположена между полем ввода и клавиатурой). В этом случае необходимо ввести верное значение из указанного диапазона. Вместо клавиши  можно использовать клавишу  клавиатуры прибора.

Отменить ввод информации	Нажать на клавишу  : окно экранной клавиатуры закрывается, введённые данные применены не будут.
Стереть введённое значение	Клавиша  стирает последний введённый символ. Если нажать и удерживать клавишу, будут удалены все введённые символы. Если символы были предварительно выделены, однократное нажатие на клавишу также обеспечит стирание всех символов.
Вести заглавную букву	Нажать на клавишу  перед тем, как нажать на букву.
Показать буквы	Нажать на клавишу  .
Показать цифры, знаки препинания, символы	Нажать на клавишу  .
Переключить раскладку клавиатуры	Нажать на клавишу  : для ввода станут доступны русские/английские буквы.

8. Диагностика состояния интерфейсов

При подключении к тестируемой сети, а также при проведении измерений диагностика состояния интерфейсов прибора осуществляется с помощью панели индикаторов (см. рис. 7.1).

Индикатор	Цвет	Состояние	Описание
LINK  	зелёный	горит постоянно	соединение с тестируемым оборудованием установлено; на индикаторе отображается значение скорости соединения в Мбит/с (10, 100 или 1000)
	красный	горит постоянно	соединения нет; на индикаторе отображается слово LINK
TX 	зелёный	мигает или горит постоянно	идёт передача пакетов
	—	не горит	передача пакетов не осуществляется
RX 	зелёный	мигает или горит постоянно	идёт приём пакетов
	—	не горит	приём пакетов не осуществляется
TEST  	зелёный	горит постоянно	проводится тестирование или включен режим «Шлейф»; на индикаторе отображается аббревиатура текущего режима измерений
	—	не горит	режим «Шлейф» выключен, тестирование не проводится; на индикаторе отображается слово FREE

Текущий режим измерений обозначается аббревиатурой на индикаторе TEST:

THR (throughput)	Анализ пропускной способности.
LAT (latency)	Анализ задержки.
FRL (frame loss)	Анализ уровня потерь кадров.

BTB (back-to-back)	Анализ предельной нагрузки.
LB1 (loopback layer 1)	Шлейф на физическом (первом) уровне.
LB2 (loopback layer 2)	Шлейф на канальном (втором) уровне.
LB3 (loopback layer 3)	Шлейф на сетевом (третьем) уровне.
LB4 (loopback layer 4)	Шлейф на транспортном (четвёртом) уровне.

9. Подключение к NUT/DUT

9.1 Выбор схемы подключения

Для проведения анализа следует подключить прибор к тестируемому устройству/сети в соответствии с одной из схем, приведённых ниже.

Примечание: при подключении к тестируемой сети диагностика состояния интерфейсов прибора осуществляется с помощью панели индикаторов (см. раздел 8).

В случае тестирования сетей, содержащих устройства, работающие на канальном уровне модели OSI¹, прибор Беркут-ММТ подключают в соответствии со схемой, приведённой на рис. 9.1. В этом случае генерируемый прибором трафик должен быть перенаправлен обратно посредством организации шлейфа. При этом во входящих пакетах меняются местами MAC-адреса отправителя и получателя, и трафик возвращается на исходный порт.

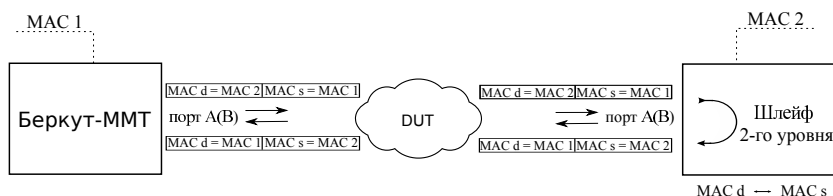


Рис. 9.1. Вариант подключения 1

В случае тестирования сетей, содержащих устройства, работающие на сетевом уровне модели OSI², Беркут-ММТ подключают в соответствии с аналогичной схемой, приведённой на рис. 9.2. В отличие от предыдущего случая, во входящих пакетах меняются местами и MAC- и IP-адреса отправителя и получателя, и трафик возвращается на исходный порт.

¹Например, сетевой коммутатор (switch).

²Например, маршрутизатор (router).

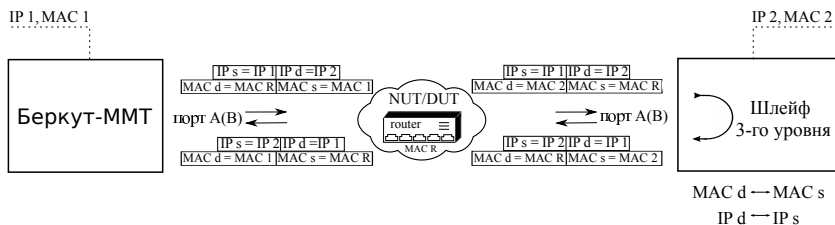


Рис. 9.2. Вариант подключения 2

В случае тестирования сетей, содержащих устройства, способные маршрутизировать IP-трафик, можно использовать два порта (рис. 9.3). В этом случае пакеты перенаправляются на другой порт прибора при помощи маршрутизатора.

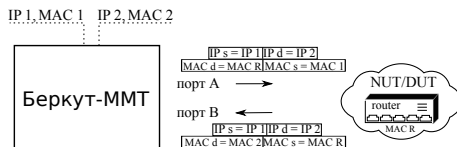


Рис. 9.3. Вариант подключения 3

Также Беркут-ММТ может быть подключён к сетевому концентратору, такое подключение показано на рис. 9.4.

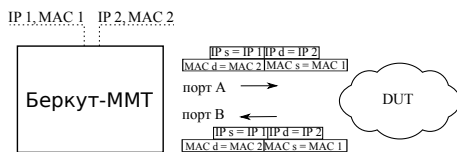


Рис. 9.4. Вариант подключения 4

На схемах подключения введены следующие обозначения:

MAC s	MAC-адрес отправителя
MAC d	MAC-адрес получателя
IP s	IP-адрес отправителя
IP d	IP-адрес получателя
MAC r	MAC-адрес маршрутизатора

MAC 1	MAC-адрес прибора Беркут-ММТ
IP 1	IP-адрес прибора Беркут-ММТ. На рис. 9.3 и рис. 9.4 IP 1 — IP-адрес сети, в которой находится порт А прибора.
MAC 2	MAC-адрес удалённого устройства, выполняющего функцию перенаправления трафика (шлейф)
IP 2	IP-адрес удалённого устройства, выполняющего функцию перенаправления трафика (шлейф). На рис. 9.3 и рис. 9.4 IP 2 — IP-адрес сети, в которой находится порт В прибора.
switch	Сетевой коммутатор
router	Маршрутизатор

9.2 Выбор топологии тестирования

Настройка топологии для проведения тестов выполняется на вкладке «Топология» в режиме «Конфигурация RFC 2544».

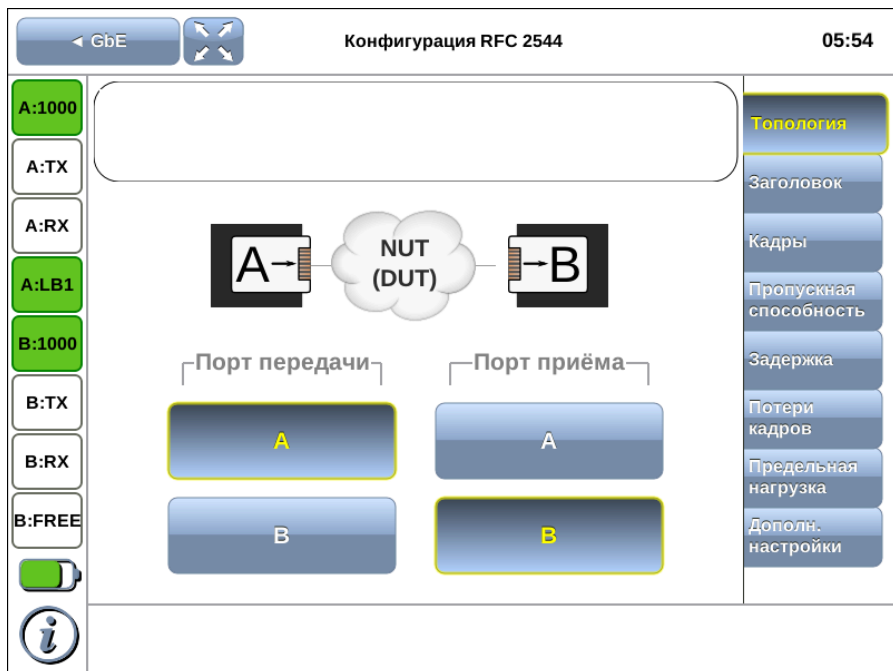
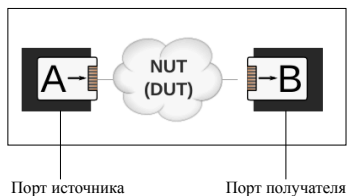


Рис. 9.5. Вкладка «Топология»

9.2.1 Топология $A \Rightarrow B$ ($B \Rightarrow A$)

В данном случае источником тестового трафика является порт А (В), а получателем — порт В (А) модуля V5-GBE.

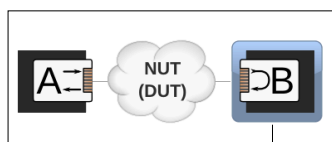


Если схема тестирования аналогична схеме, представленной на рис. 9.2, т.е. порты модуля находятся в разных подсетях, то следует перейти на вкладку «Заголовок» и вручную задать MAC-адрес получателя. Он должен соответствовать MAC-адресу ближайшего к источнику маршрутизатора.

Если MAC-адрес маршрутизатора неизвестен, следует провести ARP-запрос (см. раздел 9.3.3).

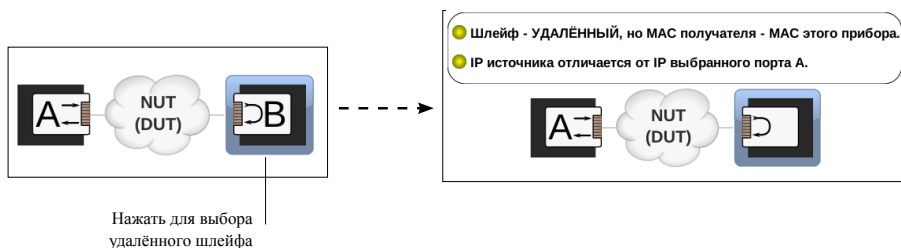
9.2.2 Топология $A \Rightarrow A$ ($B \Rightarrow B$)

В данном случае источником и получателем тестового трафика является порт A (B) модуля V5-GBE. При этом необходимо выбрать устройство, которое будет выполнять перенаправление тестового трафика на исходный порт: это может быть как другой порт модуля, так и любое внешнее устройство, обладающее функцией организации шлейфа. По умолчанию в качестве такого устройства выбран порт A (B) модуля.



Для перенаправления тестового трафика используется порт B модуля V5-GBE

Если перенаправление тестового трафика будет выполнять внешнее устройство, следует нажать на кнопку выбора устройства. При этом на экран будет выведено сообщение о необходимости задать IP- и MAC-адрес удалённого устройства (см. раздел. 9.3).



9.3 Настройка тестовых пакетов

Настройка значений параметров заголовка выполняется на вкладке «Заголовок» в режиме «Конфигурация RFC 2544».

The screenshot displays the 'RFC 2544 Configuration' window. At the top, there is a navigation bar with a 'GbE' button, a refresh icon, the title 'Конфигурация RFC 2544', and a timestamp '05:31'. On the left side, there is a vertical menu with buttons for 'A:1000', 'A:TX', 'A:RX', 'A:FREE', 'B:1000', 'B:TX', 'B:RX', 'B:FREE', a battery icon, and an information icon. The main area contains four configuration rows, each with a label, a text input field, and a dropdown arrow:

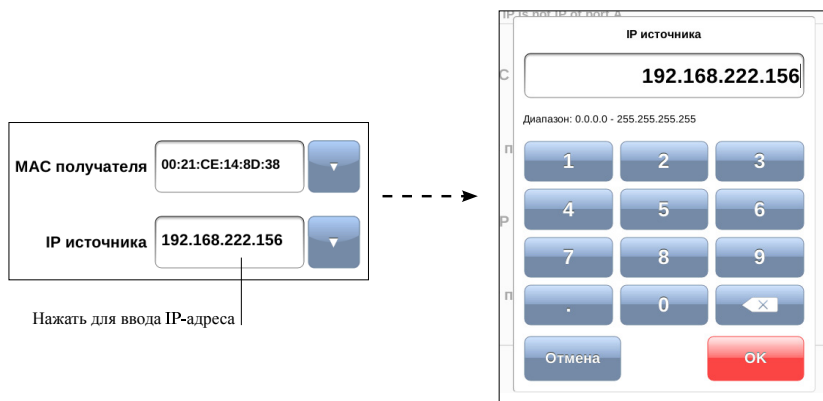
- IP источника**: 192.168.222.198
- IP получателя**: 192.168.222.199
- MAC источника**: 00:21:CE:50:00:01
- MAC получателя**: 00:21:CE:50:00:02

On the right side, there is a vertical menu with buttons for 'Топология', 'Заголовок' (highlighted), 'Кадры', 'Пропускная способность', 'Задержка', 'Потери кадров', 'Предельная нагрузка', and 'Дополн. настройки'.

Рис. 9.6. Вкладка «Заголовок»

9.3.1 Установка IP- и MAC-адресов

Для установки IP- и MAC-адресов источника и получателя следует перейти на вкладку «Заголовок», нажать на поле ввода и ввести значение с помощью экранной клавиатуры.

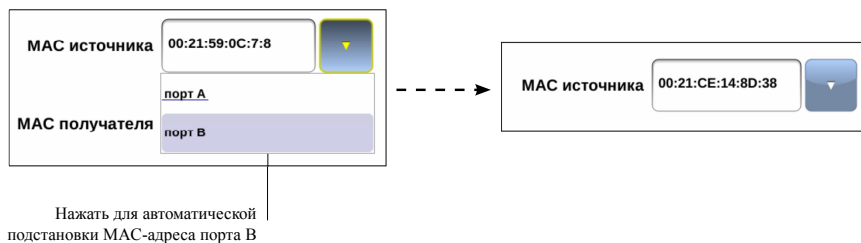


При задании MAC-адресов необходимо учитывать следующее:

- в качестве MAC-адреса источника указывается MAC-адрес интерфейса отправителя;
- если источник и получатель соединены напрямую, без промежуточных маршрутизаторов, в качестве MAC-адреса получателя указывается MAC-адрес интерфейса получателя;
- если между источником и получателем существует хотя бы один маршрутизатор, в качестве MAC-адреса получателя необходимо указать MAC-адрес ближайшего к источнику маршрутизатора.

9.3.2 Автоматическая подстановка IP- и MAC-адресов

Имеется возможность автоматической подстановки IP- и MAC-адресов.

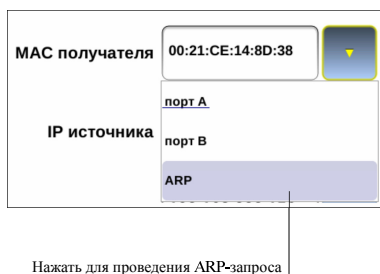


В этом случае в качестве MAC-адреса источника/получателя будет подставлен MAC-адрес выбранного порта (А или В). Адреса портов задаются в режиме «Порты Ethernet» (см. раздел 19).

Подстановка IP-адресов происходит аналогично. IP-адреса задаются в режиме «Сетевые интерфейсы».

9.3.3 Определение MAC-адреса получателя

Для определения MAC-адреса получателя по известному IP-адресу следует перейти на вкладку «Заголовок» и выполнить ARP-запрос.



В результате ARP-запроса вместо текущего MAC-адреса получателя будет подставлен MAC-адрес, соответствующий IP-адресу получателя.

9.3.4 Выбор размера кадра

Выбор размера кадра для проведения тестирования выполняется на вкладке «Кадры» в режиме «Конфигурация RFC 2544».

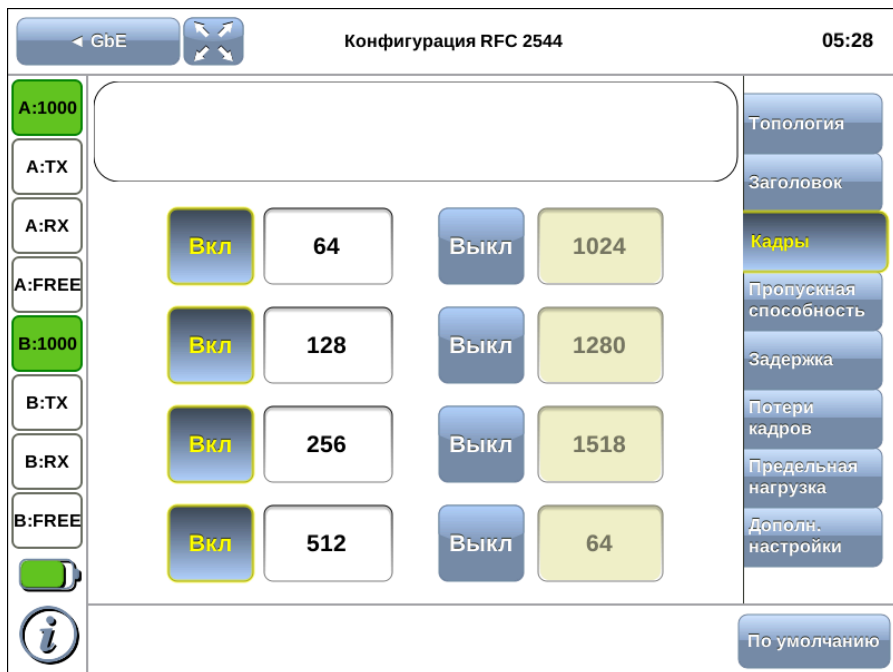
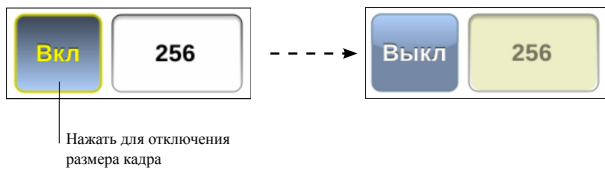


Рис. 9.7. Вкладка «Кадры»

Размеры передаваемых кадров можно задать двумя способами:

1. Выбрать стандартные размеры в соответствии с методикой RFC 2544 (клавиша По умолчанию): 64, 128, 256, 512, 1024, 1280, 1518 байт. При этом имеется возможность дополнительно задать один кадр произвольного размера.
2. Ввести размеры кадров вручную.

Если при проведении тестирования необходимо использовать не все размеры кадров, ненужные значения можно отключить.



10. RFC 2544. Быстрый старт

Описанная ниже последовательность действий позволяет проверить работоспособность тестов методики RFC 2544 и получить необходимые навыки для последующего выполнения анализа реальных сетей и устройств.

1. Установить модуль V5-GBE в прибор Беркут-ММТ (см. раздел 6, стр. 19).
2. С помощью кабеля Ethernet, входящего в комплект поставки, соединить порт А и порт В модуля V5-GBE.
3. Подключить к прибору блок питания.
4. Включить прибор.
5. Перейти в режим «GBE» и убедиться, что индикатор «Link» горит зелёным (см. раздел 8).
6. Перейти в режим «Конфигурация RFC 2544» на вкладку «Топология» и выбрать порт Tx — А, порт Rx — В.
7. Перейти в режим измерений «RFC 2544» и нажать на кнопку «Выбор тестов». Убедиться, что для выполнения выбраны все тесты: пропускная способность, задержка, потери кадров, предельная нагрузка.
8. Нажать на кнопку «Старт».

После выполнение всех перечисленных действий начнётся процесс тестирования. Информация о результатах тестирования представлена в разделе 14.

Примечание: алгоритм проведения тестов в случае анализа реальных сетей и устройств описан в разделе 11.

11. RFC 2544. Алгоритм проведения тестов

Приведённый ниже алгоритм представляет собой последовательность действий, которые необходимо выполнить для успешного проведения любого теста по методике RFC 2544.

	Действие	Справ. материалы
1.	Установить модуль B5-GBE в прибор Беркут-ММТ.	раздел 6, стр. 19
2.	Подключить прибор Беркут-ММТ к тестируемой сети.	раздел 5, стр. 15 раздел 9.1, стр. 27
3.	Включить прибор.	—
4.	В режиме «Настройки» выполнить необходимые настройки сети ¹ , перейти в режим «GBE» и убедиться, что индикатор «Link» горит зелёным.	раздел 8, стр. 25
5.	Перейти к режиму «Конфигурация RFC 2544» на вкладку «Топология» и выбрать топологию тестирования.	раздел 9.2.1, стр. 32 раздел 9.2.2, стр. 33
6.	Если выбрана топология, при которой следует выполнить настройку заголовка, перейти на вкладку «Заголовки» и задать MAC- и IP-адреса источника и получателя.	раздел 9.3.1, стр. 35
7.	Перейти на вкладку «Кадры» и выбрать необходимые размеры кадров.	раздел 9.3.4, стр. 37
8.	Перейти на вкладку проводимого теста и настроить его параметры.	раздел 12, стр. 43
9.	Перейти на вкладку «Дополнительные настройки» и выполнить настройку дополнительных параметров тестирования.	раздел 12.5, стр. 50
10.	Для начала тестирования следует перейти в режим измерений «RFC 2544» и нажать на кнопку «Старт». Кнопка «Выбор тестов» позволяет задать для выполнения все тесты или осуществить выборочное тестирование. По умолчанию выполняются все тесты: пропускная способность, задержка, потери кадров, предельная нагрузка.	—

¹Подробное описание представлено в брошюре «Беркут-ММТ. Универсальный анализатор телекоммуникационных сетей. Руководство по эксплуатации».

12. RFC 2544. Настройка параметров тестов

Для оптимизации скорости и повышения эффективности проведения анализа в приборе В5-GBE предусмотрена возможность изменения стандартных (определённых методикой RFC 2544) значений параметров тестов.

В соответствии с рекомендацией RFC 2544 результаты тестов представляются в табличной и графической формах.

Задать значения параметров тестирования для проведения анализа можно двумя способами:

1. Выбрать стандартные настройки в соответствии с методикой RFC 2544.
2. Провести настройку вручную в соответствии с указаниями разделов [12.1](#) – [12.5](#).

12.1 Параметры теста «Пропускная способность»

← GbE Конфигурация RFC 2544 05:44

A:1000
A:TX
A:RX
A:LB1
B:1000
B:TX
B:RX
B:FREE

Топология
Заголовок
Кадры
Пропускная способность
Задержка
Потери кадров
Предельная нагрузка
Дополн. настройки

Нагрузка (L1) 100 %

Проба, с 2

Разрешение, % 0.01

Порог, % 1

i

Рис. 12.1. Вкладка «Пропускная способность»

Нагрузка (L1)	Значение физической (L1) скорости в процентах, кбит/с или Мбит/с. При задании физической скорости учитывается размер Ethernet-кадра (включая CRC), преамбулы и межкадрового интервала.
Проба, с	Период времени, в течение которого выполняется проба для каждого заданного в настройках размера кадра.
Разрешение, %	Разрешение, с которым будет производиться поиск пропускной способности. Наименьшее значение разрешения соответствует наибольшей точности измерения пропускной способности канала и наибольшему времени теста.

Порог, %	Порог допустимых потерь; значение задаётся с точностью до третьего знака после запятой. Тест считается пройденным, если количество принятых пакетов оказывается меньше количества переданных на величину допустимого порога потерь.
----------	---

12.2 Параметры теста «Задержка»

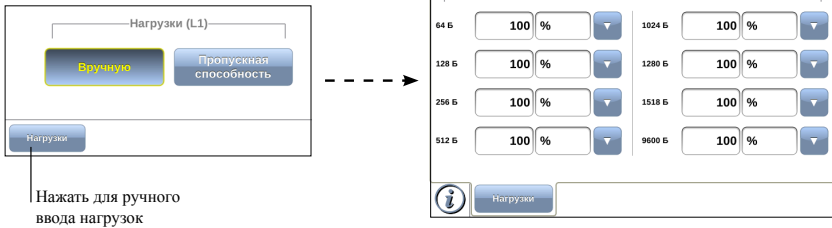


Рис. 12.2. Вкладка «Задержка»

Количество проб	Количество повторений теста для каждого заданного размера кадра.
Проба, с	Период времени, в течение которого выполняется проба для каждого заданного в настройках размера кадра.

При выборе «Пропускная способность» анализ задержки будет проходить при значениях нагрузки, полученных в результате теста «Пропускная способность». В этом случае перед анализом задержки следует провести тест «Пропускная способность».

При выборе «Вручную» при проведении теста будут использованы значения, заданные пользователем.



12.3 Параметры теста «Потери кадров»

← GbE Конфигурация RFC 2544 05:42

A:1000 Топология

A:TX Заголовок

A:RX Кадры

A:LB1 Пропускная способность

B:1000 Задержка

B:TX **Потери кадров**

B:RX Предельная нагрузка

B:FREE Дополн. настройки

Количество шагов 9

Проба, с 60

Макс. нагрузка (L1) 10 % ▼

Мин. нагрузка (L1) 100 % ▼

Рис. 12.3. Вкладка «Потери кадров»

Количество шагов	Количество шагов изменения нагрузки.
Проба, с	Период времени, в течение которого выполняется проба для каждого заданного в настройках размера кадра.
Макс. нагрузка (L1) Мин. нагрузка (L1)	Поля позволяют задать диапазон значений нагрузки, на которой будет проводиться анализ уровня потерь кадров. Значения физической (L1) скорости задаются в процентах, кбит/с или Мбит/с. При задании физической скорости учитывается размер Ethernet-кадра (включая CRC), преамбулы и межкадрового интервала.

12.4 Параметры теста «Предельная нагрузка»

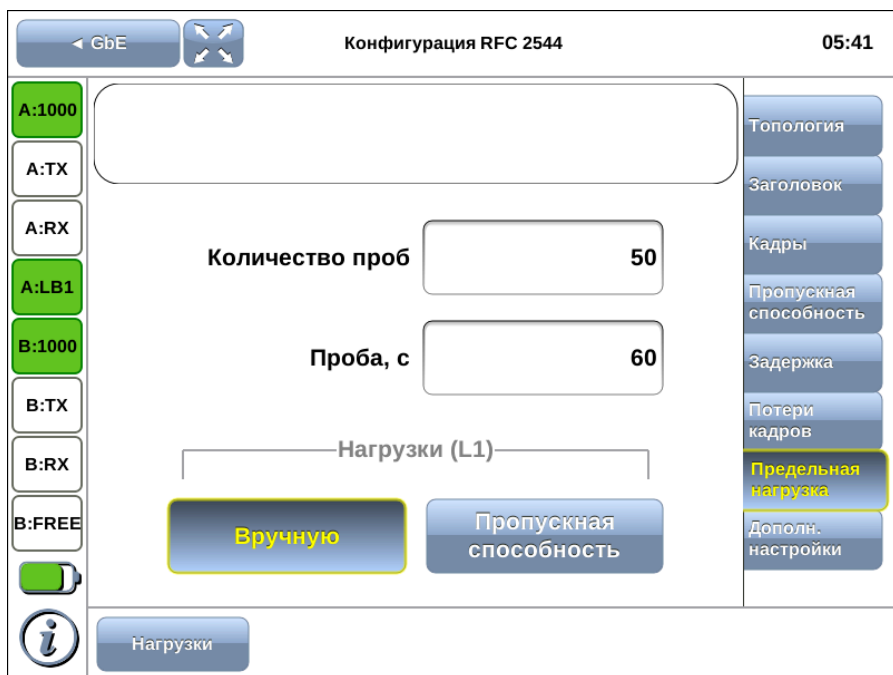


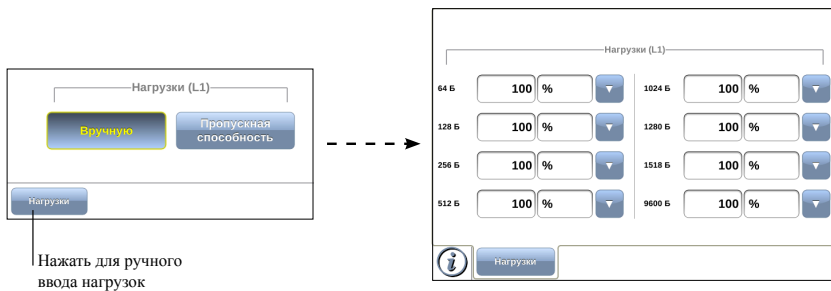
Рис. 12.4. Вкладка «Предельная нагрузка»

Количество проб	Количество повторений теста для каждого заданного в настройках размера кадра.
Проба, с	Период времени, в течение которого выполняется проба для каждого заданного в настройках размера кадра (2–3600 с).

При выборе «Пропускная способность» анализ предельной нагрузки будет проходить при значениях нагрузки, полученных в результате теста «Пропускная способность». В этом случае перед анализом нагрузки следует провести тест «Пропускная способность», задав значение пробы не менее 2 с.

При выборе «Вручную» при проведении теста будут использованы значения, заданные пользователем. Значения физической (L1)

скорости задаются в процентах, кбит/с или Мбит/с. При задании физической скорости учитывается размер Ethernet-кадра (включая CRC), преамбулы и межкадрового интервала.



12.5 Дополнительные настройки



Рис. 12.5. Вкладка «Дополнительные настройки»

Время между пробами, мс	Время между окончанием одной пробы и отправкой обучающего кадра.
Время обучения, мс	Время, через которое начнётся тестирование после отправки обучающего кадра.

Примечание: обучающий кадр — кадр, заголовок которого содержит одинаковые MAC-адреса отправителя и получателя. Когда коммутатор получает такой кадр, он отфильтровывает его, т.к. выходной интерфейс совпадает со входным. При этом коммутатор считывает MAC-адрес отправителя и запоминает интерфейс, с которого он был получен.

Согласно методике RFC 2544, значение интервала составляет 7000 мс (2000 мс отводится на получение остаточных кадров,

5000 мс — на рестабиллизацию тестируемого устройства), а значение обучения — 2000 мс.

Пользователь может задавать произвольные значения интервала в пределах от 100 до 10 000 мс, величина обучения не должна быть меньше 100 мс и превышать 10 000 мс.

13. RFC 2544. Проведение анализа

После выполнения всех настроек в соответствии с алгоритмом, приведённым в разделе 11, следует перейти в режим измерений «RFC 2544». По умолчанию будут проведены все тесты методики RFC 2544: пропускная способность, задержка, потери кадров, предельная нагрузка. Для выборочного тестирования следует нажать на кнопку «Выбор тестов» и снять выделение с тестов, которые выполнять не нужно.

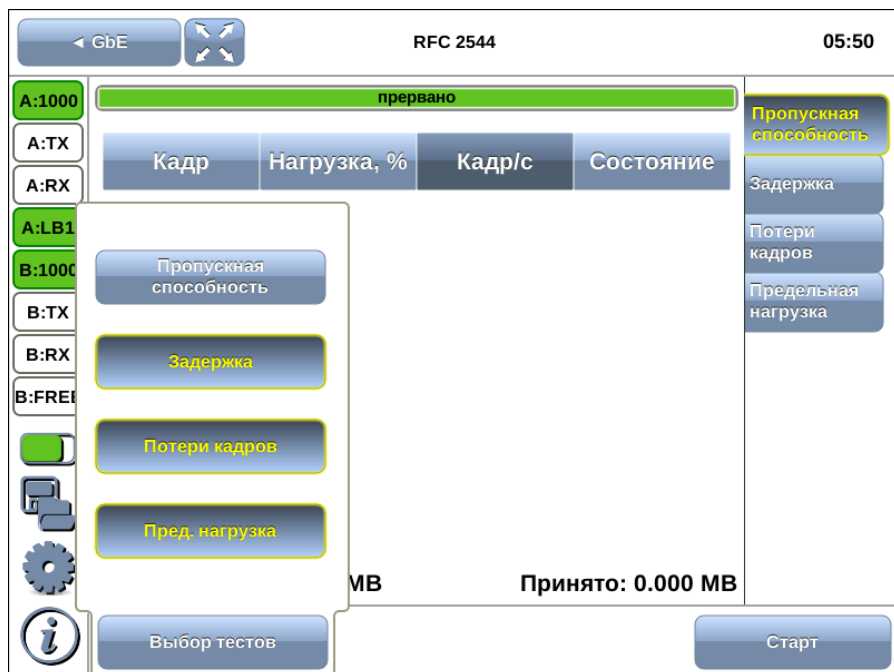
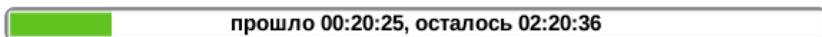


Рис. 13.1. Режим измерений «RFC 2544»: выбор тестов

13.1 Старт тестов

Тестирование начинается после нажатия на кнопку «Старт». При этом в верхней части экрана появляется индикатор времени тестирования, который отображает время, прошедшее с начала запуска теста, и время, оставшееся до окончания тестирования, в формате «чч:мм:сс» (см. раздел 7.3).



Диагностика состояния интерфейсов прибора осуществляется с помощью панели индикаторов (раздел 8).

Около названия теста, выполняемого в данный момент, отображается зелёный мигающий кружок.

The screenshot shows the main interface of the RFC 2544 test tool. At the top, it displays 'RFC 2544' and the time '05:49'. A progress bar at the top indicates 'прошло 00:01:25, осталось 00:24:23'. The central part of the screen features a table with test results for different frame sizes. To the right, there are buttons for 'Пропускная способность' (Throughput), 'Задержка' (Delay), 'Потери кадров' (Frame Loss), and 'Предельная нагрузка' (Maximum Load). The 'Throughput' button is highlighted with a green circle. At the bottom, it shows 'Передано: 7792.618 MB' and 'Принято: 0.000 MB', along with a 'Выбор тестов' (Select Tests) button and a red 'Стоп' (Stop) button.

Кадр	Нагрузка, %	Время, мс	Состояние
64	0	0	
128			
256			
512			

Рис. 13.2. Выполняется тест «Пропускная способность»

Информация о количестве переданных и принятых байтов отображается в нижней части экрана.

13.2 Определение статуса теста

Состояние всех тестов, кроме теста потери кадров, выводится в колонке Состояние. Состояние теста потери кадров определяется пользователем самостоятельно, т.к. не может быть интерпретировано однозначно.



Для текущего размера кадра выполнение теста завершено.



Для текущего размера кадра выполняется процесс тестирования.



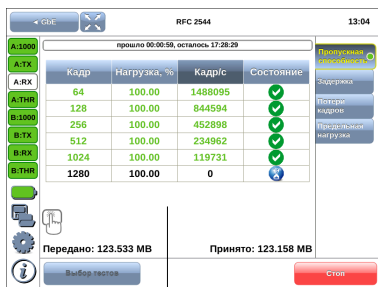
В результате потери соединения или осуществления некорректных настроек выполнение теста окончилось неудачно.



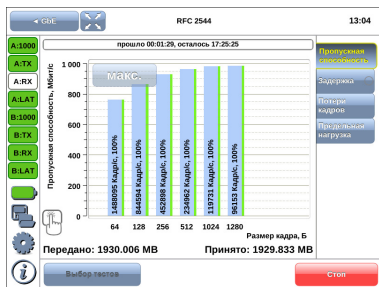
В процессе тестирования была нажата кнопка «Стоп».

13.3 Переключение график ⇒ таблица

Результаты тестирования отображаются в табличной и графической форме. Переключение между формами отображения осуществляется с помощью нажатия на область экрана, содержащую таблицу или график.



Нажать для перехода к графической форме



14. RFC 2544. Результаты анализа

14.1 Пропускная способность. Результаты анализа

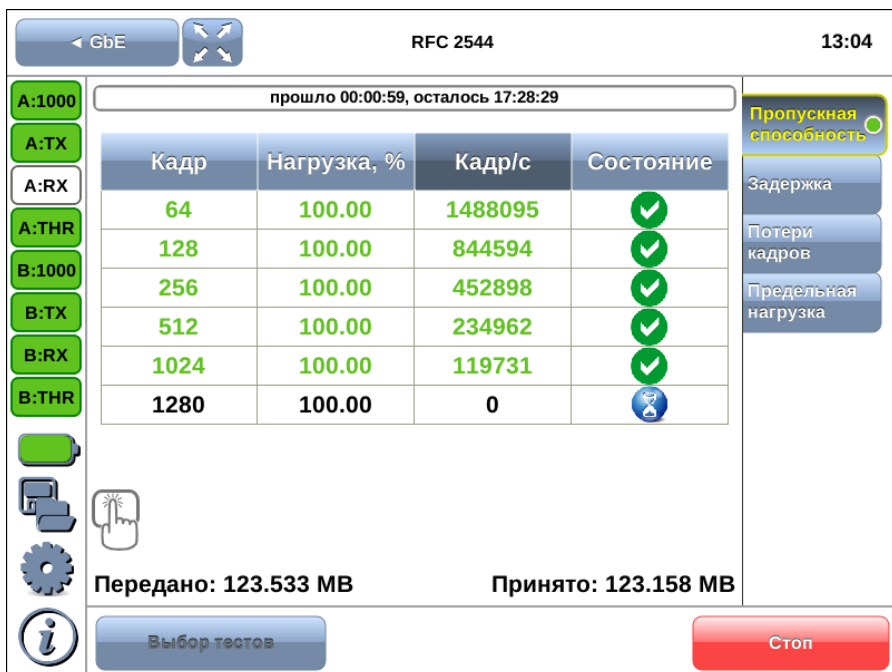


Рис. 14.1. Результаты теста: таблица

Кадр	Заданный в режиме «Конфигурация RFC 2544» размер кадра (в байтах).
Нагрузка, %	Заданное в режиме «Конфигурация RFC 2544» значение нагрузки L1 (в %).

Кадр/с	<p data-bbox="324 173 999 287">Полученное в результате анализа значение пропускной способности. При нажатии на кнопку Кадр/с происходит выбор единиц измерения — Мбит/с L2, Мбит/с L3, Мбит/с L4 или кадр/с.</p> <p data-bbox="324 287 999 383">Выбор единиц измерения служит для пересчёта полезной составляющей нагрузки в соответствии с определённым уровнем:</p> <ul data-bbox="369 383 999 616" style="list-style-type: none"><li data-bbox="369 383 999 446">– канальный уровень (Мбит/с L2): учитывается только размер Ethernet-кадра (включая CRC);<li data-bbox="369 446 999 510">– сетевой уровень (Мбит/с L3): учитывается размер Ethernet-кадра без CRC, Ethernet-заголовка;<li data-bbox="369 510 999 616">– транспортный уровень (Мбит/с L4): учитывается размер Ethernet-кадра без CRC, Ethernet- и IP-заголовка.
--------	---

Состояние	См. раздел 13.2 .
-----------	-----------------------------------

Для перехода к графическому представлению результатов тестирования необходимо нажать на область таблицы.

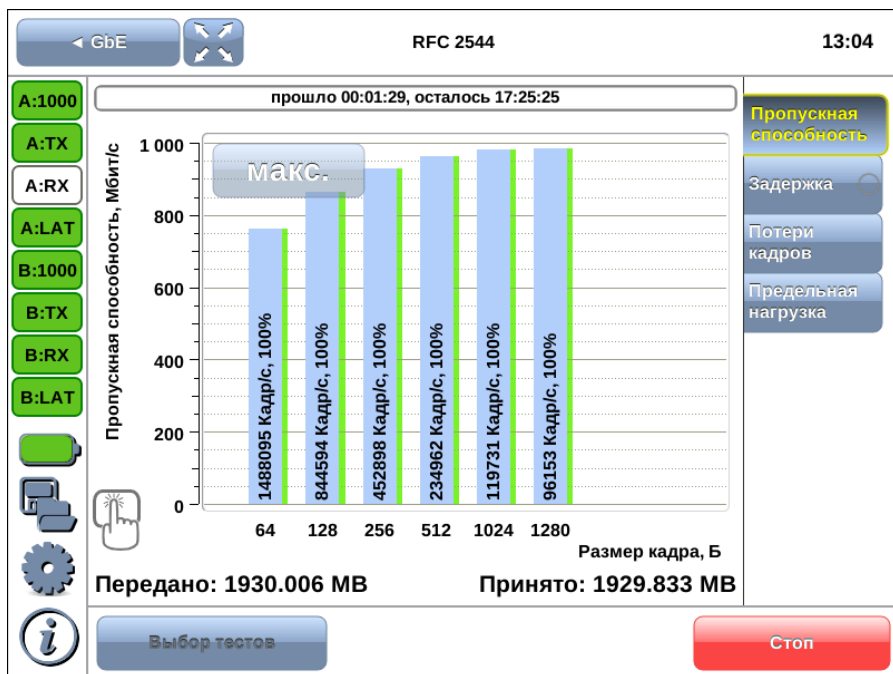


Рис. 14.2. Результаты теста: график

При нажатии на кнопки макс. и авто происходит переключение между двумя вариантами графического представления результатов тестирования:

авто	Максимальное значение по оси Y соответствует максимальной скорости соединения. Пустые столбцы отображают максимальное теоретическое значение пропускной способности.
макс.	Максимальное значение по оси Y соответствует максимальному измеренному значению пропускной способности.

По оси X в обоих случаях отложены значения, соответствующие размеру кадра в байтах.

На заполненных столбцах диаграммы отображается полученное в результате тестирования значение пропускной способности в кадр/с и в процентах относительно заданной нагрузки.

14.2 Задержка распространения. Результаты анализа

← GbE RFC 2544 05:36

прошло 00:02:07, осталось 00:01:41

Кадр	Нагрузка, %	Время, мс	Состояние
64	100.00	0.001	✓
128	100.00	0.001	✓
256	100.00	0.002	⌚
512			⌚

Пропускная способность
Задержка
 Потери кадров
 Предельная нагрузка

Передано: 1055.867 MB Принято: 1055.346 MB

Выбор тестов Стоп

Рис. 14.3. Результаты теста: таблица

Кадр	Заданный в режиме «Конфигурация RFC 2544» размер кадра (в байтах).
Нагрузка, %	Значение пропускной способности, заданное пользователем в режиме «Конфигурация RFC 2544» или полученное в результате теста «Пропускная способность».
Время, мс	Полученное в результате анализа значение задержки.
Состояние	См. раздел 13.2.

Для перехода к графическому представлению результатов тестирования необходимо нажать на область таблицы.

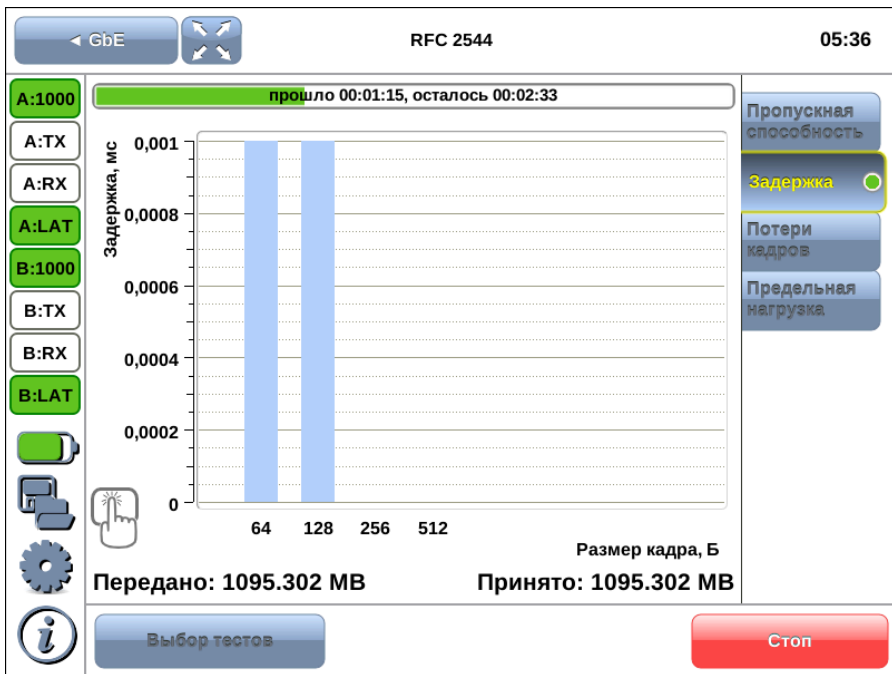


Рис. 14.4. Результаты теста: график

На диаграмме для каждого размера кадра отображается столбец, высота которого соответствует измеренному значению задержки.

14.3 Уровень потерь кадров. Результаты анализа

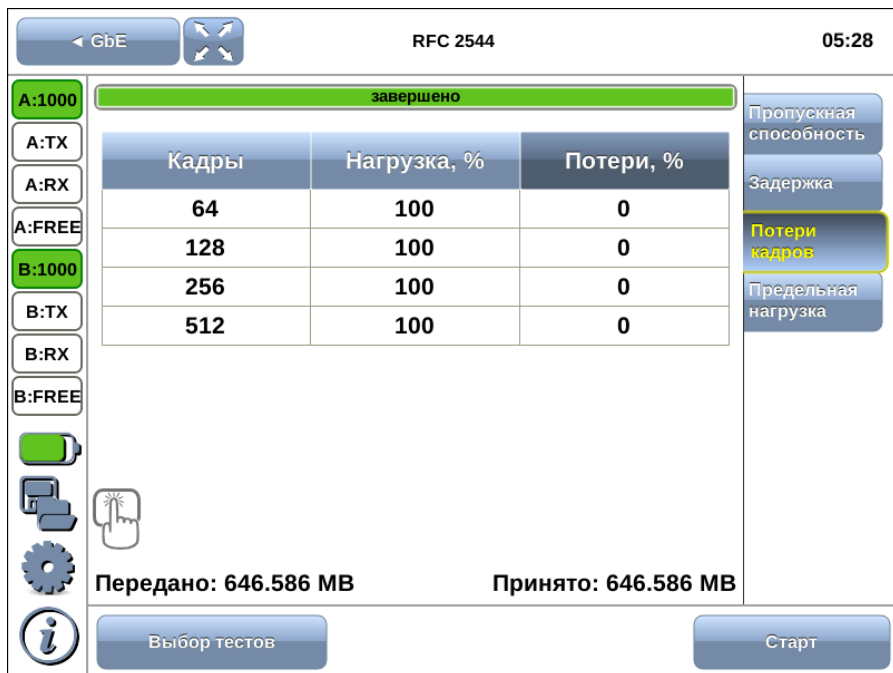


Рис. 14.5. Результаты теста: таблица

Кадр	Заданный в режиме «Конфигурация RFC 2544» размер кадра (в байтах).
Нагрузка, %	Значение пропускной способности, заданное пользователем в режиме «Конфигурация RFC 2544».

Потери, %

Полученное в результате анализа значение уровня потерь. При нажатии на кнопку Потери, % происходит выбор единиц измерения — Мбит/с L2, Мбит/с L3, Мбит/с L4 или кадр/с. Выбор единиц измерения служит для пересчёта полезной составляющей нагрузки в соответствии с определённым уровнем:

- канальный уровень (Мбит/с L2): учитывается только размер Ethernet-кадра (включая CRC);
- сетевой уровень (Мбит/с L3): учитывается размер Ethernet-кадра без CRC, Ethernet-заголовка;
- транспортный уровень (Мбит/с L4): учитывается размер Ethernet-кадра без CRC, Ethernet- и IP-заголовка.

Для перехода к графическому представлению результатов тестирования необходимо нажать на область таблицы.

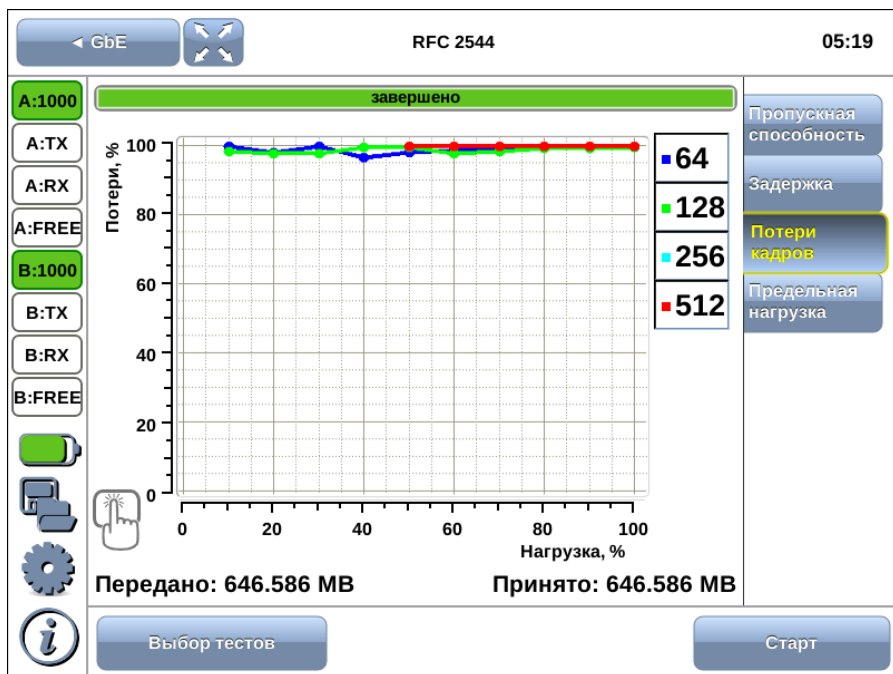


Рис. 14.6. Результаты теста: график

На графике показана зависимость уровня потерь кадров от нагрузки. По умолчанию на экран выведены кривые для всех заданных в настройках размеров кадра. С помощью нажатия на элементы легенды, расположенной справа от графика, можно скрыть или отобразить кривые, соответствующие установленным размерам кадров.

14.4 Предельная нагрузка. Результаты анализа

← GbE RFC 2544 05:13

прошло 00:03:51, осталось 00:04:10

Кадр	Нагрузка, %	Время, с	Состояние
64	100.000	6.00	✓
128	100.000	6.00	✓
256	100.000	6.00	✓
512	100.000	0.00	⌚

Пропускная способность
Задержка
Потери кадров
Предельная нагрузка

Передано: 241.983 MB Принято: 241.612 MB

Выбор тестов Стоп

Рис. 14.7. Результаты теста: таблица

Кадр	Заданный в режиме «Конфигурация RFC 2544» размер кадра (в байтах).
Нагрузка, %	Значение пропускной способности, заданное пользователем в режиме «Конфигурация RFC 2544» или полученное в результате теста «Пропускная способность».
Время, с	Время, в течение которого устройство справляется с заданной нагрузкой. Если время, в течение которого тестируемое устройство выдерживает заданную нагрузку, определить не удалось, в столбце Состояние выводится ✘, а в столбце «Время, с» — прочерки. При нажатии на кнопку Время, с отображается столбец Количество, в котором представлено количество кадров, переданных за время тестирования.
Состояние	См. раздел 13.2.

Для перехода к графическому представлению результатов тестирования необходимо нажать на область таблицы.

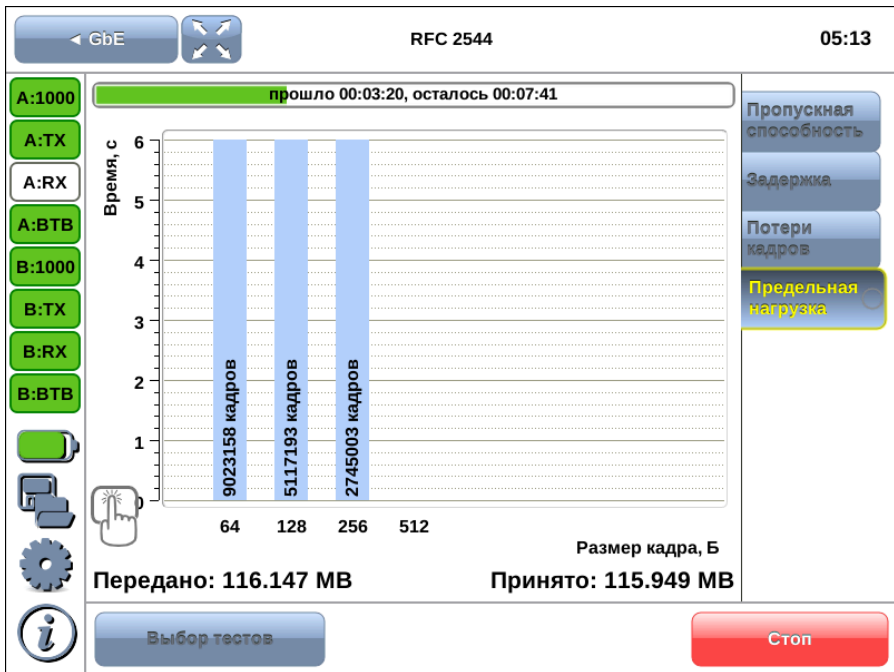


Рис. 14.8. Результаты теста: график

На диаграмме для каждого заданного размера кадра отображается столбец, высота которого соответствует времени, в течение которого устройство справлялось с предельной нагрузкой.

На столбцах диаграммы отображается количество пакетов, переданных за время тестирования.

15. Организация шлейфа

Для тестирования сетей по методике RFC 2544, измерения BER и решения других задач используется режим измерений «Шлейф», который позволяет перенаправлять обратно приходящий на прибор трафик на четырёх уровнях модели OSI.

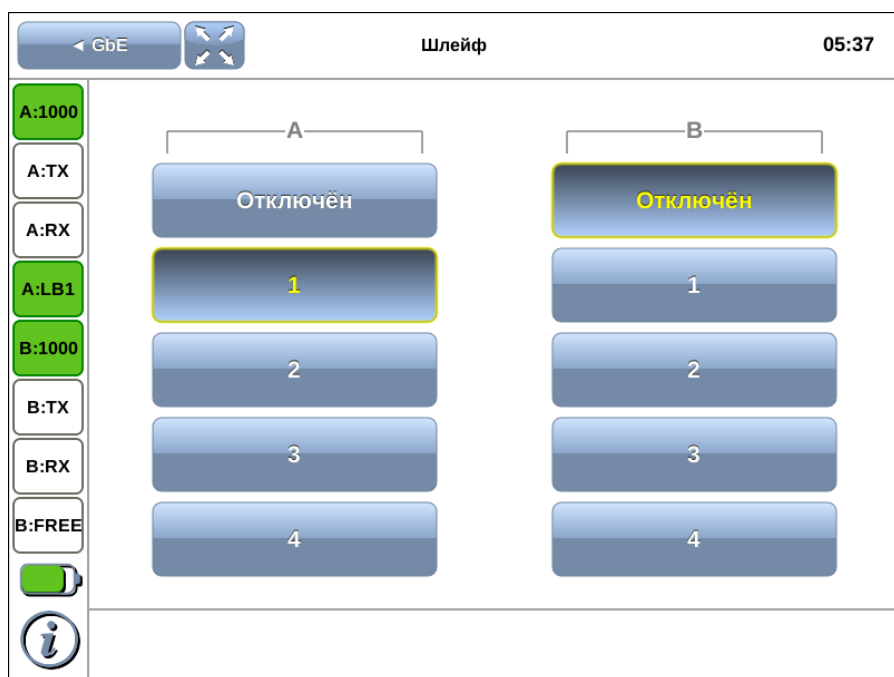


Рис. 15.1. Режим измерений «Шлейф»

15.1 Общие сведения

На **физическом уровне (LB1)** весь входящий трафик перенаправляется обратно без изменений.

На **канальном уровне (LB2)** все входящие кадры перенаправляются обратно, при этом могут меняться местами MAC-адреса отправителя и получателя.

На **сетевом уровне (LB3)** все входящие пакеты перенаправляются обратно, при этом меняются местами MAC- и IP-адреса отправителя и получателя.

На **транспортном уровне (LB4)** входящий трафик перенаправляется обратно, при этом, помимо перестановки MAC-адресов и IP-адресов, меняются местами номера TCP/UDP портов отправителя и получателя.

Примечание: для шлейфа канального, сетевого и транспортного уровней повреждённые пакеты не перенаправляются.

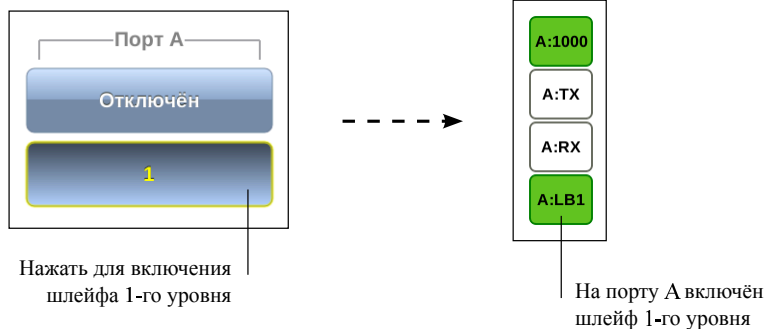
Примечание: для шлейфа канального, сетевого и транспортного уровней пакеты с одинаковыми MAC Dst и MAC Src, а так же блоки данных протокола OAM (OAMPDU) и ARP-запросы, содержащиеся во входящем трафике, не перенаправляются.

Примечание: если входящий пакет содержит MPLS метку, он будет перенаправлен без изменения её значения.

Примечание: при организации шлейфа на физическом уровне ведётся статистика по принимаемому трафику; для шлейфа канального, сетевого и транспортного уровня ведётся статистика по принимаемому и передаваемому трафику.

15.2 Включение шлейфа

Для включения шлейфа на порту А (В) следует перейти в режим измерений «Шлейф» и нажать на кнопку с цифрой, соответствующей нужному значению уровня шлейфа.



16. Тесты TCP/IP

Тесты, описанные в данном разделе, необходимы при проведении анализа в сетях, содержащих устройства, осуществляющие коммутацию и маршрутизацию передаваемых данных. С помощью TCP/IP тестов можно обнаружить проблемы, связанные с конфигурацией сети, убедиться в связности канала между узлами сети, определить маршруты следования пакетов, проверить работоспособность и оценить загруженность каналов передачи.

Для подключения прибора Беркут-ММТ к тестируемой сети могут использоваться в любой комбинации порты А и В модуля В5-GBE, порт LAN прибора, а также любой из этих портов самостоятельно.

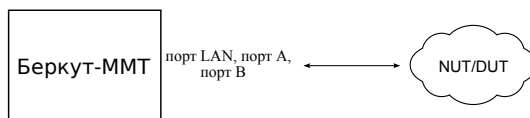



Рис. 16.1. Варианты подключения

Примечание: режимы измерений Ping, Traceroute, Arp, Arping и FTP/HTTP в базовую конфигурацию не входят; доступны при дополнительном заказе опции.

16.1 Ping

Режим измерений «Ping» позволяет определить доступность сетевых устройств, а также оценить время отклика (время между отправкой запроса и получением ответа).

Для проведения тестирования следует выполнить действия, перечисленные ниже.

	Действие	Справ. материалы
1.	Подключить прибор к тестируемой сети.	рис. 16.1, стр. 71
2.	Убедиться, что выполнена конфигурация сетевого интерфейса ¹ .	—
3.	В режиме «Сетевые утилиты» перейти в режим измерений «IP утилиты» на вкладку «Ping».	рис. 16.2, стр. 73
4.	В поле Host/IP ввести IP-адрес или доменное имя узла сети, достижимость которого необходимо проверить.	раздел 7.4, стр. 23
5.	Нажать на кнопку «Интерфейс» для выбора интерфейса, с которого будет осуществляться тестирование.	рис. 16.2, стр. 73
6.	В поле Число запросов ввести количество отправляемых пакетов. Если нажать на кнопку  («бесконечно»), пакеты будут отправляться до тех пор, пока не будет нажата кнопка «Стоп».	рис. 16.2, стр. 73
7.	Нажать на кнопку «Старт».	рис. 16.2, стр. 73

В результате выполнения перечисленных действий на экран будут выведены строки, содержащие следующую информацию (слева направо):

- размер ICMP-пакета;
- IP-адрес узла сети, ответившего на эхо-запрос;
- порядковый номер пакета;
- TTL (время жизни пакета);
- время отклика.

¹Подробное описание представлено в брошюре «Беркут-ММТ. Универсальный анализатор телекоммуникационных сетей. Руководство по эксплуатации».

По результатам тестирования формируется статистический отчёт, в котором отображается информация о количестве переданных, принятых, потерянных пакетов, а также о минимальном, среднем и максимальном времени отклика.

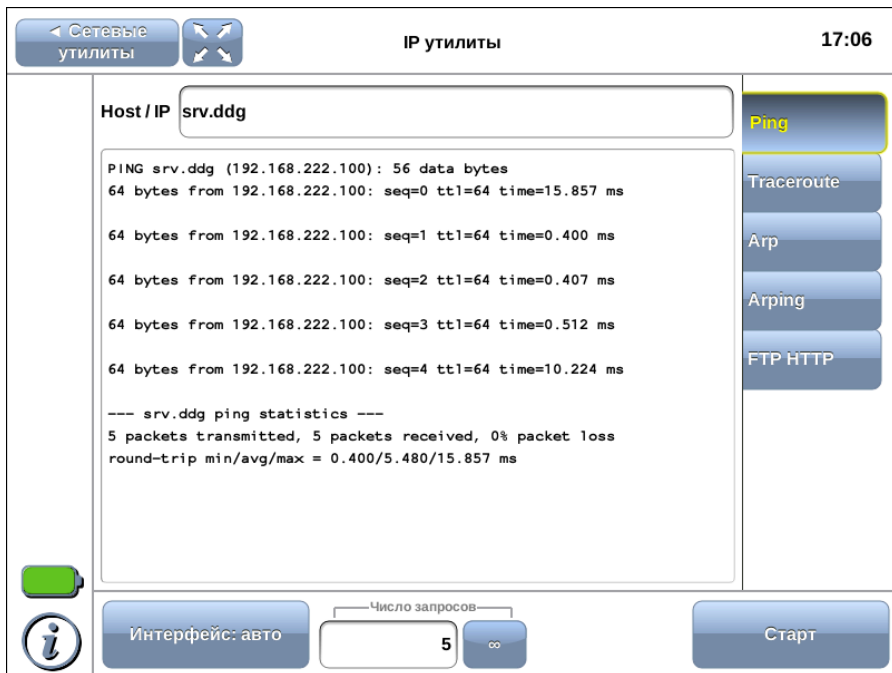


Рис. 16.2. Ping: пример результатов тестирования

Host/IP	Поле для ввода IP-адреса или доменного имени узла сети.
Интерфейс	Выбор интерфейса, с которого будет осуществляться тестирование.
Число запросов	Поле для ввода количества отправляемых пакетов.
Старт	Запуск теста.

16.2 Traceroute

Режим измерений «Traceroute» используется для определения маршрутов следования данных и позволяет диагностировать доступность промежуточных сетевых устройств.

В процессе тестирования указанному узлу сети отправляется последовательность кадров, при этом отображаются сведения о всех промежуточных маршрутизаторах, через которые прошли данные на пути к конечному узлу.

Для проведения тестирования следует выполнить действия, перечисленные ниже.

	Действие	Справ. материалы
1.	Подключить прибор к тестируемой сети.	рис. 16.1, стр. 71
2.	Убедиться, что выполнена конфигурация сетевого интерфейса ² .	—
3.	В режиме «Сетевые утилиты» перейти в режим измерений «IP утилиты» на вкладку «Traceroute».	рис. 16.3, стр. 75
4.	В поле Host/IP ввести IP-адрес или доменное имя узла сети, достижимость которого необходимо проверить.	раздел 7.4, стр. 23
5.	Нажать на кнопку «Интерфейс» для выбора интерфейса, с которого будет осуществляться тестирование.	рис. 16.3, стр. 75
6.	Для запрета вывода доменных имён нажать на кнопку «Не разрешать доменные имена». В этом случае при выводе результатов тестирования будут отображены только IP-адреса сетевых устройств.	рис. 16.3, стр. 75
7.	Нажать на кнопку «Старт».	рис. 16.3, стр. 75

²Подробное описание представлено в брошюре «Беркут-ММТ. Универсальный анализатор телекоммуникационных сетей. Руководство по эксплуатации».

В результате выполнения перечисленных действий на экран будут выведены строки, содержащие следующую информацию (слева направо):

- номер узла сети;
- доменное имя (IP-адрес) узла сети;
- максимальное, среднее и минимальное время отклика.

Если время ожидания ответа от промежуточного узла превысило таймаут (5 с), в строке результатов будет выведен значок «*».

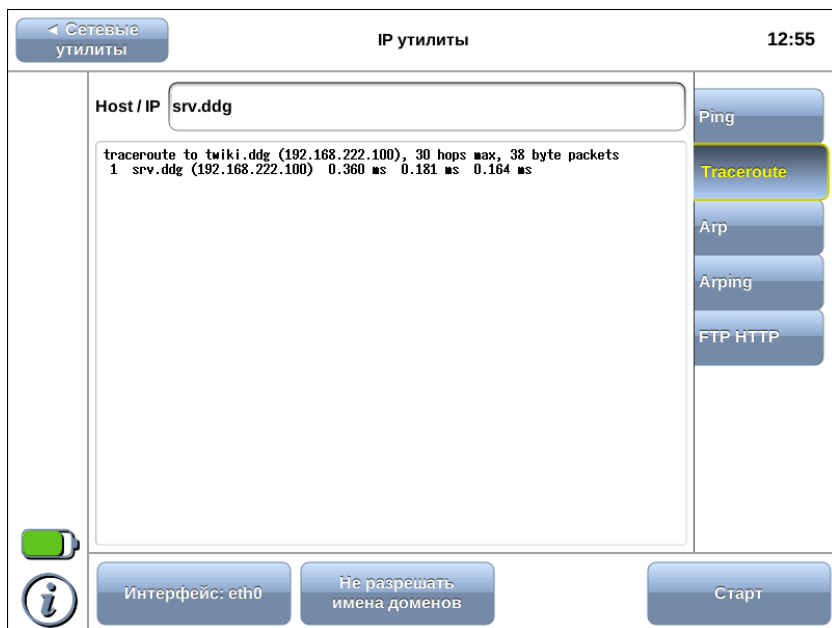


Рис. 16.3. Traceroute: пример результатов тестирования

Host/IP	Поле для ввода IP-адреса или доменного имени узла сети.
Интерфейс	Выбор интерфейса, с которого будет осуществляться тестирование.
Не разрешать имена доменов	Запрет вывода доменных имён: результаты тестирования будут содержать только IP-адреса сетевых устройств.

Старт

Запуск теста.

16.3 ARP

Режим измерений «ARP»³ предназначен для определения MAC-адреса по известному IP-адресу или доменному имени узла.

MAC-адрес определяется по ARP-таблице, хранящейся в памяти прибора.

Для проведения тестирования следует выполнить действия, перечисленные ниже.

	Действие	Справ. материалы
1.	Подключить прибор к тестируемой сети.	рис. 16.1, стр. 71
2.	Убедиться, что выполнена конфигурация сетевого интерфейса ⁴ .	—
3.	В режиме «Сетевые утилиты» перейти в режим измерений «IP утилиты» на вкладку «ARP».	рис. 16.4, стр. 77
4.	В поле Host/IP ввести IP-адрес или доменное имя узла сети, достижимость которого необходимо проверить. Кнопка Вся таблица служит для отображения ARP-таблицы, хранящейся в памяти прибора. При этом поле Host/IP становится неактивным и его значение не учитывается.	раздел 7.4, стр. 23
5.	Нажать на кнопку «Интерфейс» для выбора интерфейса, с которого будет осуществляться тестирование.	рис. 16.4, стр. 77
6.	Нажать на кнопку «Старт».	рис. 16.4, стр. 77

³Address Resolution Protocol — сетевой протокол, описанный в RFC 826 [3]

⁴Подробное описание представлено в брошюре «Беркут-ММТ. Универсальный анализатор телекоммуникационных сетей. Руководство по эксплуатации».

В результате выполнения перечисленных действий на экран будет выведена следующая информация:

- доменное имя узла сети;
- тип сетевой технологии;
- MAC-адрес узла сети;
- метка записи в ARP-таблице;
- имя интерфейса, с которого был отправлен запрос.

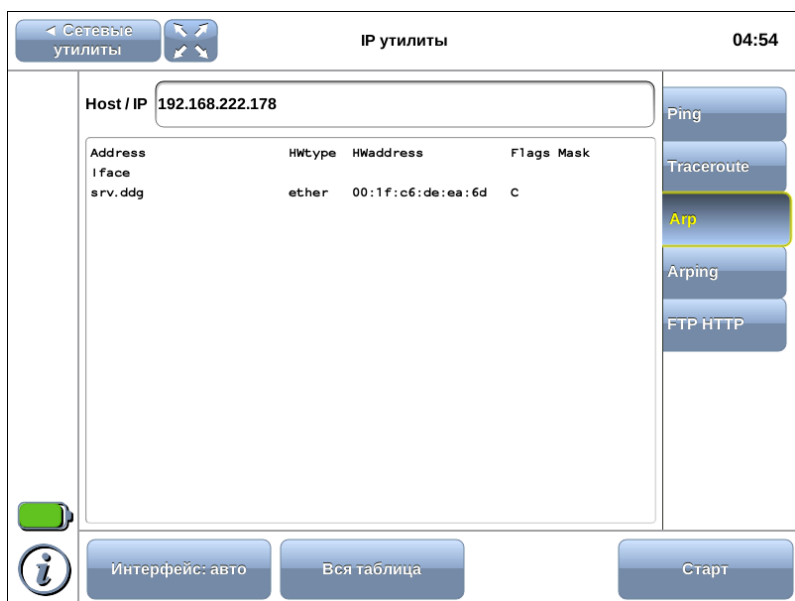


Рис. 16.4. Arp: пример результатов тестирования


Host/IP	Поле для ввода IP-адреса или доменного имени узла сети.
Интерфейс	Выбор интерфейса, с которого будет осуществляться тестирование.
Вся таблица	Кнопка служит для отображения ARP-таблицы, хранящейся в памяти прибора. При этом поле Host/IP становится неактивным и его значение не учитывается.
Старт	Запуск теста.

16.4 Arping

Режим измерений «Arping» позволяет выполнить широковещательный ARP-запрос для получения MAC-адреса сетевого устройства, указав его IP-адрес или доменное имя, определить доступность и время отклика сетевых устройств.

Режим измерений «Arping» также используется, когда в ARP-таблице прибора нет нужного MAC-адреса.

Для проведения тестирования следует выполнить действия, перечисленные ниже.

	Действие	Справ. материалы
1.	Подключить прибор к тестируемой сети.	рис. 16.1, стр. 71
2.	Убедиться, что выполнена конфигурация сетевого интерфейса ⁵ .	—
3.	В режиме «Сетевые утилиты» перейти в режим измерений «IP утилиты» на вкладку «Arping».	рис. 16.5, стр. 79
4.	В поле Host/IP с помощью экранной клавиатуры ввести IP-адрес или доменное имя узла сети, достижимость которого необходимо проверить.	раздел 7.4, стр. 23
5.	Нажать на кнопку «Интерфейс» для выбора интерфейса, с которого будет осуществляться тестирование.	рис. 16.5, стр. 79
6.	В поле Кол-во запросов ввести количество отправляемых пакетов. Если нажать на кнопку  («бесконечно»), пакеты будут отправляться до тех пор, пока не будет нажата кнопка «Стоп».	рис. 16.5, стр. 79
7.	Нажать на кнопку «Старт».	рис. 16.5, стр. 79

⁵Подробное описание представлено в брошюре «Беркут-ММТ. Универсальный анализатор телекоммуникационных сетей. Руководство по эксплуатации».

В результате выполнения перечисленных действий на экран будут выведены строки, содержащие следующую информацию (слева направо):

- IP-адрес узла сети;
- MAC-адрес узла сети;
- время отклика.

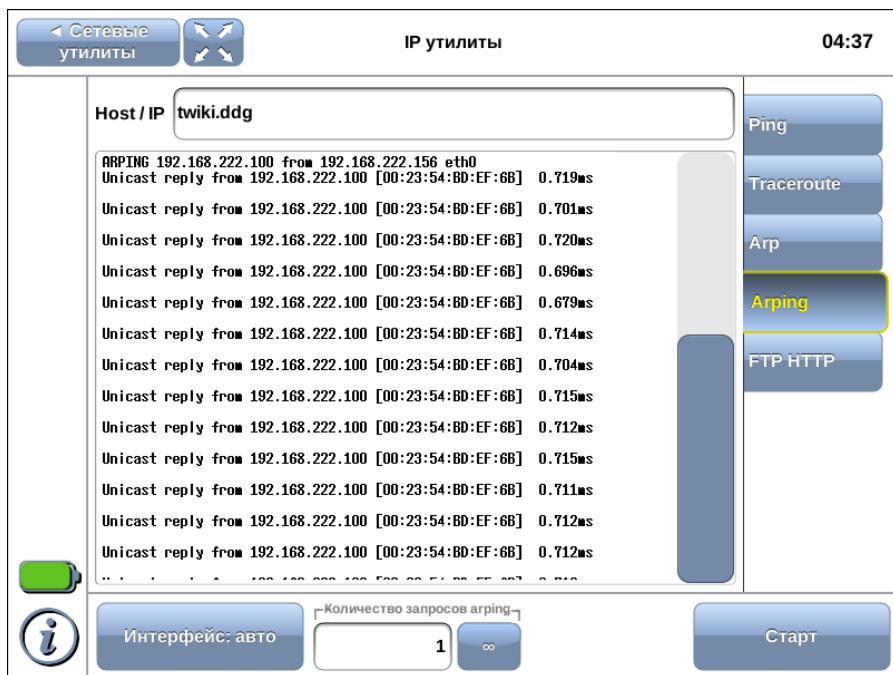


Рис. 16.5. Arping: пример результатов тестирования

Host/IP	Поле для ввода IP-адреса или доменного имени узла сети.
Интерфейс	Выбор интерфейса, с которого будет осуществляться тестирование.
Кол-во запросов	Поле для ввода количества отправляемых пакетов.
Старт	Запуск теста.

16.5 FTP/НТТР

В режиме измерений «FTP/НТТР», реализованном на основе программы Nmap, можно выполнить сканирование сетевых устройств для определения состояния портов и поддерживаемых типов сервиса. В ходе тестирования сканируются порты с номерами 80 (НТТР) и 21 (FTP) протокола ТСП.

Для проведения тестирования следует выполнить действия, перечисленные ниже.

	Действие	Справ. материалы
1.	Подключить прибор к тестируемой сети.	рис. 16.1, стр. 71
2.	Убедиться, что выполнена конфигурация сетевого интерфейса ⁶ .	—
3.	В режиме «Сетевые утилиты» перейти в режим измерений «IP утилиты» на вкладку «FTP/НТТР».	рис. 16.6, стр. 81
4.	В поле Host/IP с помощью экранной клавиатуры ввести IP-адрес или доменное имя узла сети, для которого необходимо выполнить сканирование портов	раздел 7.4, стр. 23
5.	Нажать на кнопку «НТТР» или «FTP» для выбора протокола.	рис. 16.6, стр. 81
6.	Нажать на кнопку «Старт».	рис. 16.6, стр. 81

В результате выполнения перечисленных действий на экран будет выведена следующая информация:

- номер порта;
- состояние порта;
- имя сервиса.

⁶Подробное описание представлено в брошюре «Беркут-ММТ. Универсальный анализатор телекоммуникационных сетей. Руководство по эксплуатации».

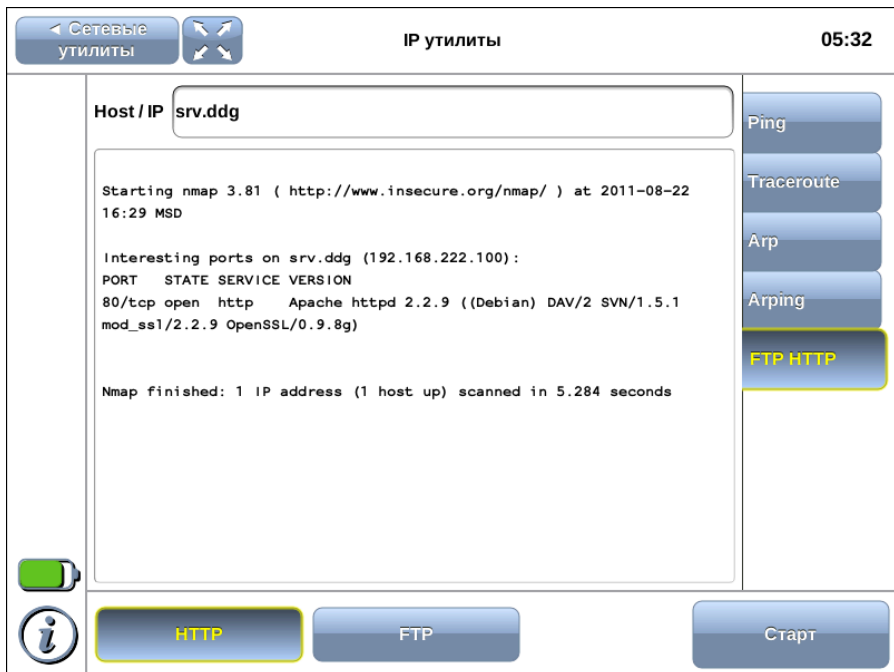


Рис. 16.6. HTTP: пример результатов тестирования

Host/IP	Поле для ввода IP-адреса или доменного имени узла сети.
HTTP	Сканирование устройств для определения возможности функционирования 80 порта, выделенного для приложенный протокола HTTP.
FTP	Сканирование устройств для определения возможности функционирования 21 порта, выделенного для приложенный протокола FTP.
Старт	Запуск теста.

17. Транзит

В режиме «Транзит» прибор Беркут-ММТ с установленным модулем В5-GBE подключается в разрыв соединения между двумя сетевыми устройствами и позволяет собирать статистическую информацию о проходящем трафике.

Для проведения анализа необходимо выполнить следующие действия:

1. Подключить прибор к тестируемой сети (см. рис. 17.1).
2. В режиме «Порты Ethernet» установить скорость передачи данных для обоих портов (см. раздел 19).

Примечание: если скорости передачи для портов А и В различны, и передача ведётся с порта с большей скоростью на порт с меньшей, при проведении тестирования произойдут потери.

3. Перейти в режим «Шлейф» и нажать на кнопку «Транзит».

После выполнения вышеперечисленных действий трафик, входящий на порт А(В) без изменений перенаправляется на порт В(А) (см. рис. 17.1). При этом выполняется сбор информации о нагрузке на приёмной части портов (см. рис. 17.2). Результаты доступны через WWW-интерфейс¹.

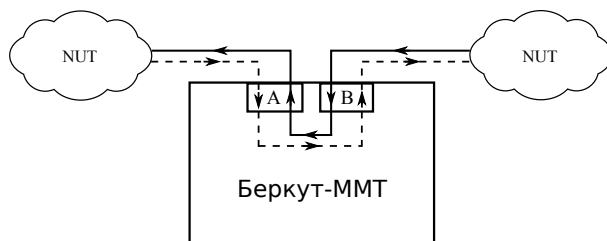


Рис. 17.1. Подключение в режиме «Транзит»

¹Подробное описание представлено в брошюре «Беркут-ММТ. Универсальный анализатор телекоммуникационных сетей. Руководство по эксплуатации».

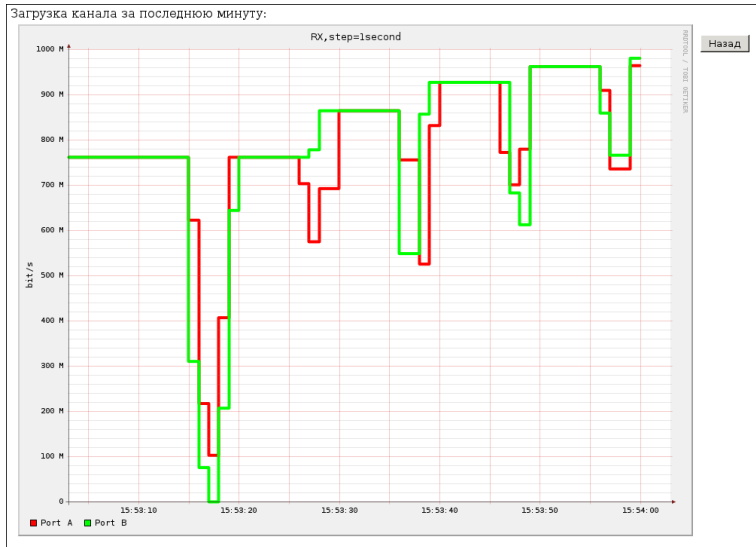


Рис. 17.2. График загрузки канала


18. Анализ протоколов передачи данных

18.1 Анализ протокола IPX

Протокол IPX (Internetwork Packet Exchange) используется в локальных сетях и служит для передачи данных без предварительной установки соединения между отправителем и получателем.

Режим измерений «IPX» позволяет осуществлять сбор IPX-пакетов на выбранном интерфейсе и просматривать содержимое их заголовков. При этом интерфейс переводится в режим (promiscuous mode), в котором принимаются все пакеты из сети, независимо от того, кому они были адресованы.

Для проведения тестирования следует выполнить действия, перечисленные ниже.

1. Подключить прибор к тестируемой сети (см. рис. 16.1, стр. 71).
2. Убедиться, что выполнена конфигурация сетевого интерфейса.
3. Перейти в режим измерений «Сетевые утилиты» ⇒ «IPX».
4. Нажать на кнопку «Интерфейс» для выбора интерфейса, на который будут приходить IPX-пакеты. Если необходимо, выбрать режим детального просмотра, нажав на кнопку «Подробно»: на экране будут отображаться первые байты заголовка и данных IPX-пакетов.
5. В поле Кол-во пакетов ввести количество пакетов, которое необходимо собрать. Если нажать на кнопку  («бесконечно»), пакеты будут приниматься до тех пор, пока не будет нажата кнопка «Стоп».
6. Нажать на кнопку «Старт» и дождаться завершения сбора пакетов либо остановить процесс нажатием на кнопку «Стоп», когда необходимое количество пакетов будет собрано.

В результате выполнения перечисленных действий начнётся тестирование, в ходе которого на экран будет выведена таблица, содержащая следующую информацию (слева направо):

- время получения пакета;
- MAC-адрес отправителя пакетов;
- MAC-адрес получателя пакетов;
- тип протокола.

18.2 Анализ протокола SNMP

Протокол SNMP (Simple Network Management Protocol) используется в системах управления сетями передачи данных.

Режим измерений «SNMP» позволяет провести сбор статистики с компонента управляемой сети.

Для проведения тестирования следует выполнить действия, перечисленные ниже.

1. Подключить прибор к тестируемой сети (см. рис. 16.1, стр. 71).
2. Убедиться, что выполнена конфигурация сетевого интерфейса.
3. Перейти в режим измерений «Сетевые утилиты» ⇒ «SNMP».
4. В поле **Host/IP** ввести IP-адрес или доменное имя устройства, которое является агентом.
5. В поле **ID объекта** ввести уникальный идентификатор объекта в MIB (базе управляющей информации) для вывода значений, соответствующих конкретному имени. Если оставить поле пустым, будет выведена вся доступная информация.
6. В поле **Протокол** выбрать версию протокола SNMP.
7. В поле **Community** ввести имя группы, данные которой необходимо просмотреть.
8. Нажать на кнопку «Старт».

После завершения сбора данных на экране отобразится полученная от SNMP-агента статистика, содержащая информацию согласно выбранному ID объекта.

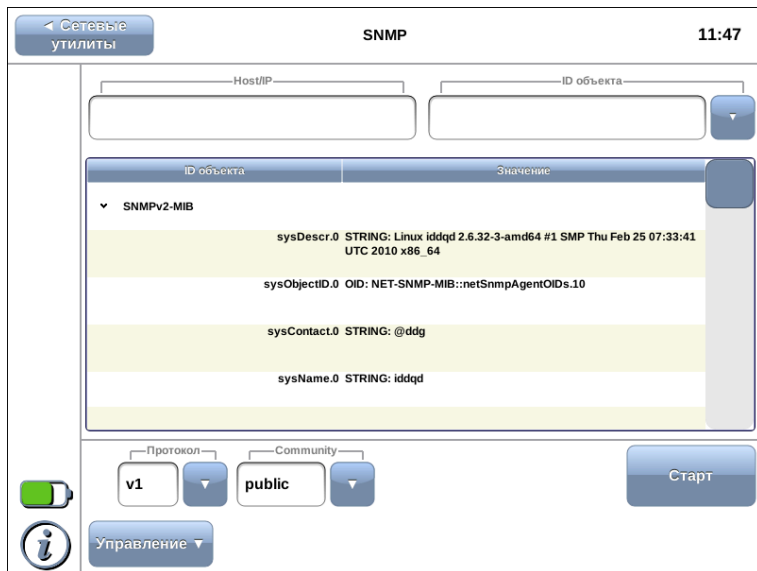


Рис. 18.1. SNMP: пример результатов тестирования

Host/IP	IP-адрес или имя устройства, на котором запущен агент.
ID объекта	Уникальный идентификатор объекта в базе управляющей информации.
Community	Имя группы доступа (необходимо для протокола SNMP версий v1, v2, v2c); является пропуском при взаимодействии системы управления и агента.
Протокол	Выбор версии протокола SNMP (возможные варианты: v1, v2c, v3).
Старт	Запуск сбора данных.

18.3 Анализ протокола PPP

PPP (Point-to-point protocol) — протокол типа «точка—точка», предназначенный для передачи PPP-пакетов через сеть Ethernet. Работа протокола предполагает наличие клиента и сервера для процесса аутентификации, создания виртуального канала и дальнейшего обмена данными.

Режим измерений «PPP» служит для тестирования PPP-соединения для указанного сервера. Прибор Беркут-ММТ выступает в качестве клиента.

Для проведения тестирования следует выполнить действия, перечисленные ниже.

1. Подключить прибор к тестируемой сети (см. рис. 16.1, стр. 71).
2. Убедиться, что выполнена конфигурация сетевого интерфейса.
3. Перейти в режим измерений «Сетевые утилиты» ⇒ «PPP».
4. Нажать на кнопку «Интерфейс» для выбора интерфейса, с которого будет осуществляться тестирование.
5. В поле Тип аутентификации выбрать тип аутентификации: PAP, CHAP или SHAP двустор.
6. В поле Имя сервера ввести имя сервера, с которым следует установить соединение.
7. В поле Имя службы ввести имя PPP-сервиса на сервере.
8. В поле Имя пользователя ввести имя, которое будет использоваться при аутентификации прибора Беркут-ММТ на сервере.
9. В поле Пароль ввести пароль.
10. В случае двусторонней аутентификации SHAP (SHAP двустор.) в поле Локальный пароль ввести пароль локальной системы.
11. Нажать на кнопку «Старт».

После нажатия на кнопку «Старт» прибор Беркут-ММТ будет переведён в режим клиента. Начнётся процесс установки PPP-соединения, в ходе которого на экран прибора будет выведен журнал сообщений с информацией о ходе подключения. После успешной установки соединения периодически будут выводиться данные о состоянии PPP-соединения. В обоих случаях для прекращения тестирования следует нажать на кнопку «Стоп».

Цвет индикатора Link соответствует состоянию PPP-соединения:

- красный — в данный момент происходит установка соединения или соединение установить не удалось;
- зелёный — соединение установлено.

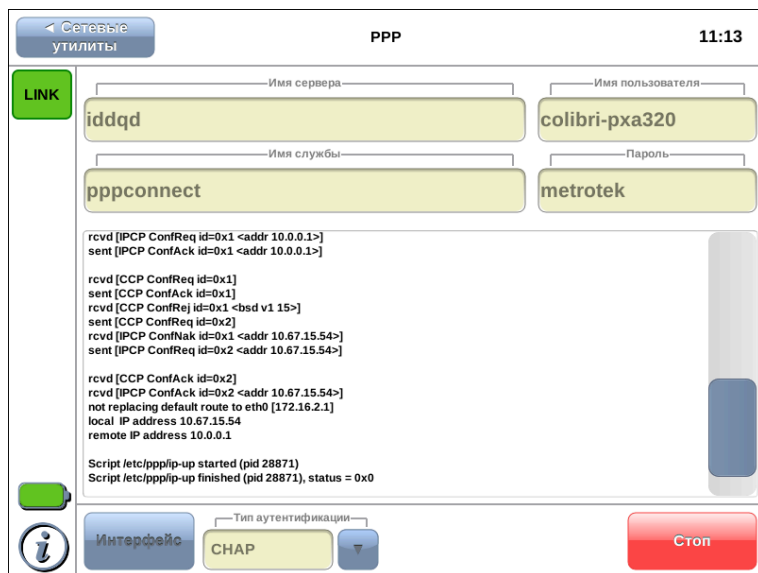


Рис. 18.2. PPP: пример результатов тестирования

Имя сервера	Имя сервера, с которым необходимо установить соединение.
Имя службы	Имя PPP-сервиса на сервере.
Имя пользователя	Имя пользователя при аутентификации прибора Беркут-ММТ на сервере. При двусторонней аутентификации CHAP двустор. в качестве имени пользователя следует указать имя прибора Беркут-ММТ.
Пароль	Пароль, определённый для пользователя.
Локальный пароль	Пароль локальной системы при двусторонней аутентификации CHAP (CHAP двустор.).
Интерфейс	Выбор интерфейса для осуществления соединения.
Тип аутентификации	Тип аутентификации (возможные варианты: PAP, CHAP, CHAP двустор.).

Старт

Запуск процесса тестирования.

19. Настройки портов

Режим «Порты Ethernet» служит для изменения MAC-адреса порта А/В, а также для задания скорости соединения с тестируемым оборудованием.

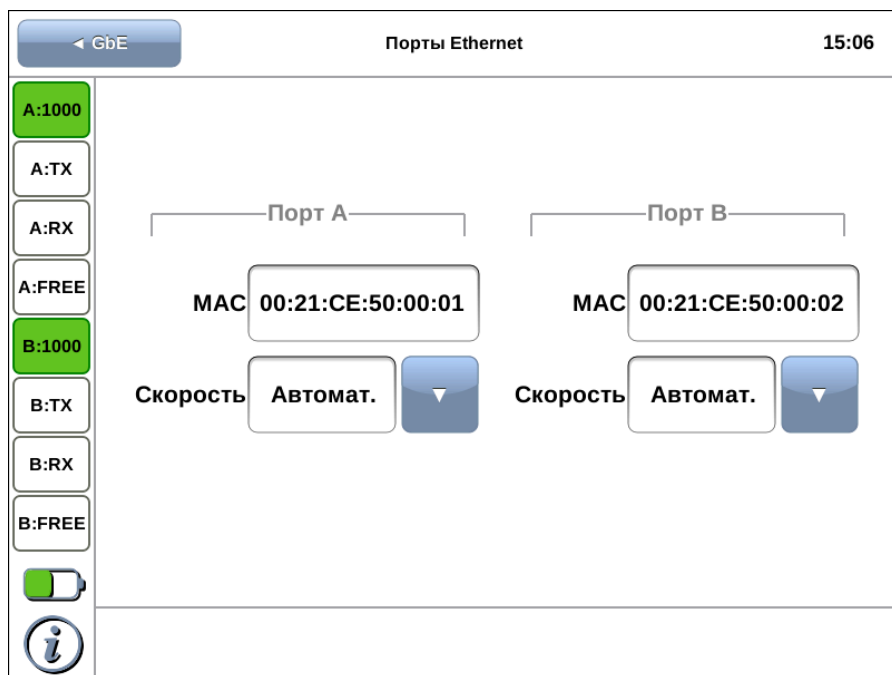



Рис. 19.1. Режим «Порты Ethernet»

MAC	MAC-адрес порта А/В.
Скорость	Выбор скорости передачи данных: Авто, 10 Мбит/с, 100 Мбит/с, 1000 Мбит/с. Если выбрано Авто, скорость передачи будет определена автоматически. Значение скорости отобразится на индикаторе Link (см. раздел 8).

20. Сохранение/загрузка результатов измерений



Кнопка  отображается в режиме измерений в левой части экрана между панелью индикаторов состояния тестируемых интерфейсов и иконкой статуса батареи. Она предназначена для сохранения/загрузки результатов измерений. При нажатии на эту кнопку появляется окно, представленное на рисунке ниже.

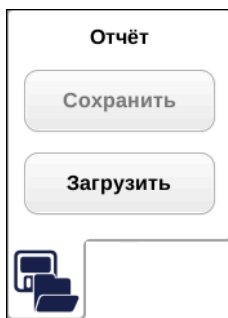


Рис. 20.1. Сохранение/загрузка результатов измерений

Примечание: во время проведения измерений кнопки **Сохранить** и **Загрузить** становятся недоступными.

Кнопка **Сохранить** доступна только после завершения измерений. При нажатии на данную кнопку происходит генерация и сохранение отчёта, а также отображение окна с информацией о том, в какой файл был сохранён отчёт. Отчёты сохраняются в каталог `/home/user/bercut_mmt/gbe/rfc2544`¹.

Кнопка **Загрузить** доступна до проведения измерений. При нажатии на эту кнопку появляется диалоговое окно, позволяющее выбрать загружаемый отчёт из списка сохранённых отчётов (см. рис. 20.2).

¹Описание структуры каталогов приведено в приложении [E](#).

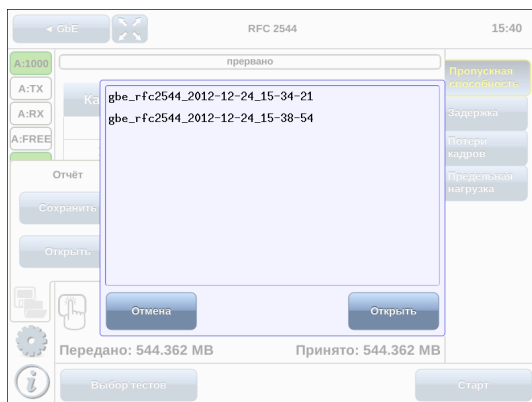


Рис. 20.2. Список сохранённых отчётов

При нажатии на кнопку **Открыть** выбранный отчёт отображается в соответствующем окне (см. рис. 20.3). При нажатии на кнопку **Отмена** диалоговое окно закрывается.

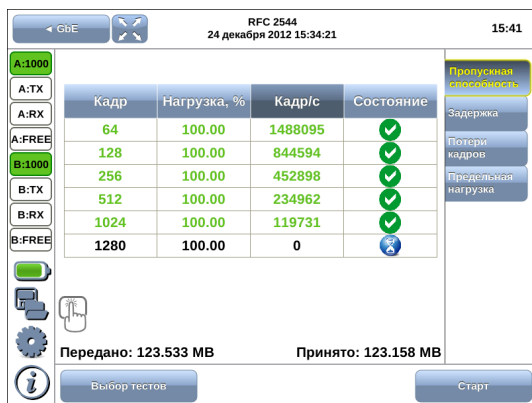


Рис. 20.3. Отчёт о проведённых измерениях

В заголовке окна приведена информация о дате и времени сохранения отчёта.

Примечание: прибор Беркут-ММТ позволяет производить экспорт всех сохранённых отчётов на USB-накопитель. Подробное описание представлено в брошюре «Беркут-ММТ. Универсальный анализатор телекоммуникационных сетей. Руководство по эксплуатации».

A. RFC 2544. Описание методики

Методика RFC 2544 определяет набор тестов, которые используются при оценке важнейших характеристик сетевых устройств и проверке соответствия предоставляемых услуг характеристикам, которые оговариваются в SLA между операторами связи и клиентами.

Благодаря возможности проведения анализа пропускной способности, задержки, уровня потерь кадров и предельной нагрузки, эта методика в настоящее время является стандартом «де-факто» для оценки производительности Ethernet-сетей.

Для оптимизации скорости и повышения эффективности проведения анализа в приборе В5-GBE предусмотрена возможность изменения стандартных (определённых методикой RFC 2544) значений параметров тестов.

Ниже представлено описание этих тестов согласно рекомендациям RFC 2544.

A.1 Анализ пропускной способности

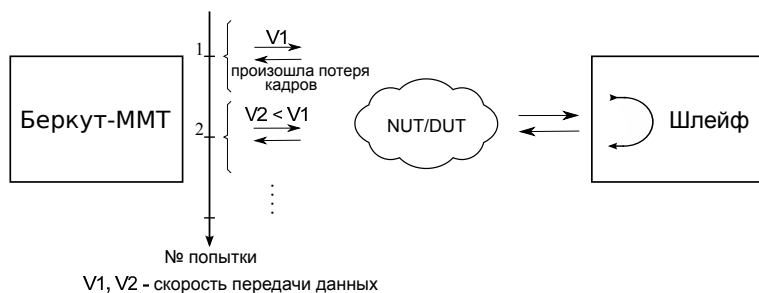


Рис. А.1. Анализ пропускной способности

Анализ пропускной способности (Throughput) проводится для определения максимально возможной скорости коммутации для сетевых элементов, которые располагаются в транспортных сетях Ethernet.

Пропускная способность — максимальная скорость передачи данных, на которой количество кадров¹, прошедших через DUT, равно количеству кадров, отправленных ему с тестирующего оборудования.

При анализе пропускной способности некоторое количество пакетов с максимальной нагрузкой передаётся на вход DUT² (рис. А.1).

Затем подсчитывается количество пакетов, пришедших с выходного порта DUT. Если оно оказывается меньше количества переданных пакетов, то нагрузка уменьшается и тест выполняется снова.

При определении пропускной способности используется метод бинарного поиска.

А.2 Анализ задержки

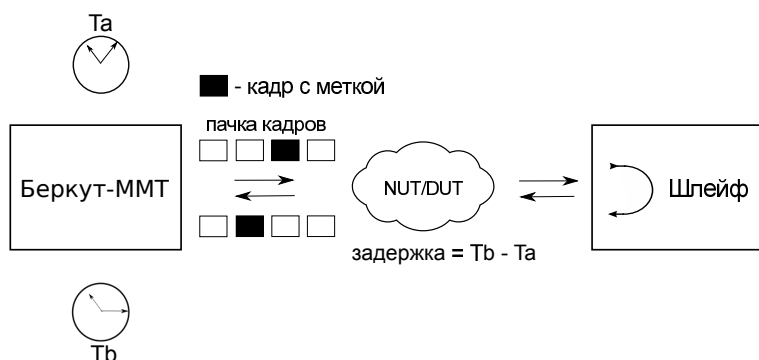


Рис. А.2. Анализ задержки

Анализ задержки (Latency) применяется для оценки времени, которое необходимо кадру для прохождения от источника к получателю и возврата к исходному элементу. Если величина задержки изменяется или становится больше допустимой, это может привести к проблемам в работе сервисов реального времени.

¹Термины *кадр* и *пакет* в описаниях тестов являются синонимами.

²В этом и последующих описаниях тестов все рассмотренные действия выполняются тестером автоматически.

При анализе задержки сначала определяется пропускная способность DUT. Затем для каждого, определённого методикой RFC 2544, размера пакета на соответствующей ему максимальной нагрузке посылается поток кадров, адресованных получателю. Через некоторое время в один пакет вставляется метка определённого формата. На передающей стороне записывается значение T_a (время, к которому пакет с меткой был полностью передан). На приёмной стороне определяется метка и записывается значение T_b (время приёма пакета с меткой).

Задержка (Latency) — это разница ($T_b - T_a$). По результатам анализа вычисляется средняя задержка.

А.3 Анализ уровня потерь кадров

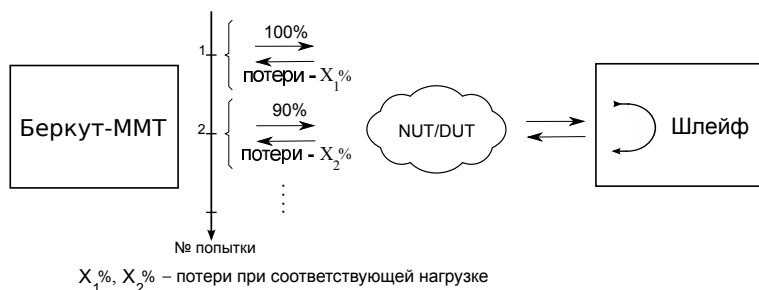


Рис. А.3. Анализ уровня потерь кадров

Анализ уровня потерь кадров (Frame Loss Rate) необходим для проверки способности сети поддерживать приложения, которые работают в реальном времени (без возможности повторной передачи), так как большой процент потерь кадров приведёт к ухудшению качества сервиса.

Анализ уровня потерь позволяет рассчитать процент кадров, которые не были переданы сетевым элементом при постоянной нагрузке из-за недостатка аппаратных ресурсов.

При анализе уровня потерь кадров на вход DUT на определённой скорости посылается некоторое количество кадров (input count)

и подсчитывается количество пакетов, пришедших с выходного порта DUT (output count).

Уровень потерь кадров рассчитывается по формуле:

$$\frac{100 \times (input\ count - output\ count)}{(input\ count)}$$

Первая попытка должна осуществляться на скорости, максимальной для данного соединения. Если потерь нет, тест завершается. Следующая попытка должна проходить на скорости, составляющей 90 % от максимальной, затем на скорости, составляющей 80 % от максимальной. Испытания повторяют, уменьшая скорость тестового потока на 10 % (возможен другой шаг), до тех пор, пока в двух попытках подряд не будет потеряно ни одного кадра.

А.4 Анализ предельной нагрузки

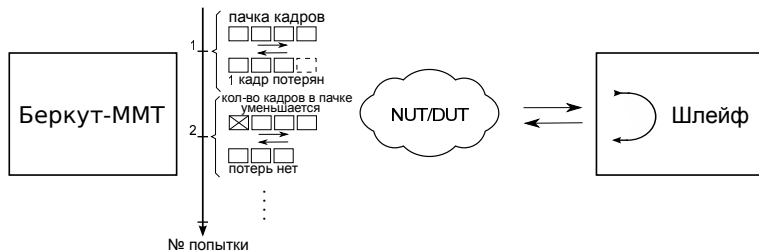


Рис. А.4. Анализ предельной нагрузки

Анализ предельной нагрузки (Back-to-back) позволяет оценить время, в течение которого устройство справляется с максимальной нагрузкой.

При анализе неравномерности передачи данных на вход DUT в течение заданного времени отсылаются кадры с максимальной нагрузкой и подсчитывается количество пакетов с выхода DUT. Если оно оказывается равным количеству отправленных кадров, то тест заканчивается. Если же количество пакетов на выходе DUT меньше числа отправленных, то время уменьшается и тест повторяется.

В. Структура Ethernet-кадра

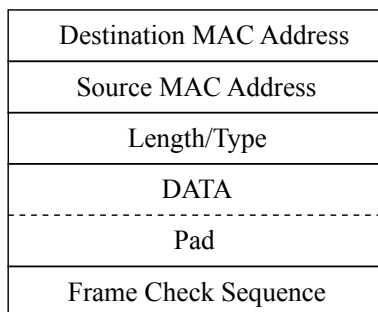


Рис. В.1. Структура Ethernet-кадра

Destination MAC Address — MAC-адрес получателя. Поле длиной 6 байт, содержит адрес узла сети, которому предназначен кадр.

Source MAC Address — MAC-адрес отправителя. Поле длиной 6 байт, содержит адрес отправителя кадра.

Length/Type — Длина/Тип. Поле содержит 16-битовое целое число и принимает одно из двух значений:

- если число, записанное в этом поле, меньше или равно 1500, то поле принимает значение **Length (Длина)** и определяет длину поля данных;
- если значение, записанное в этом поле, больше или равно 1536, то поле принимает значение **Type (Тип)** и указывает тип используемого протокола.

Data — поле данных, может содержать от 46 или 42/38/34 (в случае, когда кадр содержит 1/2/3 VLAN-метки) до 1500 байт.

Pad — Padding (поле заполнения). Если поле данных имеет длину менее 46 байт, то кадр дополняется полем заполнения до минимально возможного значения — 64 байт.

Frame Check Sequence — Контрольная сумма. Поле состоит из 4 байт, содержащих контрольную сумму.

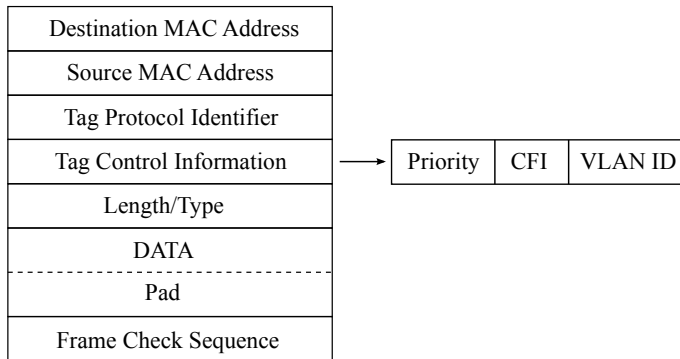


Рис. В.2. Структура Ethernet-кадра, содержащего VLAN-метку

Tag Protocol Identifier — метка «Идентификатор протокола». 16 бит, которые определяют принадлежность кадра к стандарту 802.1Q [4].

Tag Control Information — Информация для управления меткой. TCI содержит три поля.

- **Priority** — User (VLAN) Priority. Три бита, которые содержат информацию о приоритете кадра (возможно восемь значений приоритета([4])).
- **CFI** — Canonical Format Indicator (индикатор канонического формата). Однобитовый флаг, который всегда равен нулю для кадров Ethernet.
- **VLAN ID** — VLAN Identifier (VID). 12-битный идентификатор VLAN, который определён в стандарте 802.1Q [4]. Однозначно определяет VLAN, которой принадлежит кадр.

С. Спецификации

С.1 Интерфейсы

Таблица С.1. Интерфейсы

Интерфейсы Gigabit Ethernet	2×SFP, 2×RJ-45 (наличие интерфейсов зависит от модификации модуля, см. раздел 5)
Интерфейсы управления	USB тип В

С.2 Тестирование

Таблица С.2. Тестирование

Скорость передачи	10/100/1000 Мбит/с
Поддерживаемые форматы кадров	Ethernet II, IPv4, UDP, TCP
Настройка параметров тестовых пакетов	MAC-адрес источника/получателя, IP-адрес источника/получателя, поле ToS, поле Precedence, поле DSCP, UDP порт отправителя/получателя, размеры кадров 64–9600 байт
RFC 2544	Пропускная способность, задержка, потери кадров, предельная нагрузка
Маршрут	Определение маршрутов следования данных в сетях на основе TCP/IP
Эхо-запрос	Минимальное, среднее, максимальное время между отправкой запроса и получением ответа. Количество переданных, принятых, потерянных и повторных пакетов. Количество пакетов, для которых время ответа было превышено
ARP	Определения MAC-адреса по известному IP-адресу или доменному имени узла
Arping	Выполнение широковещательного ARP-запроса для получения MAC-адреса сетевого устройства по его IP-адресу или доменному имени
Шлейф (Loopback)	Уровни: физический, канальный с поддержкой VLAN, сетевой, транспортный



С.3 Общие характеристики

Таблица С.3. Общие характеристики

Физические параметры	
Габаритные размеры модуля (В×Ш×Г)	30,5×103×150,5 мм
Масса модуля	0,36 кг
Условия эксплуатации	
Диапазон рабочих температур	5–35 °С
Диапазон температур транспортировки и хранения	-20 ... +35 °С
Относительная влажность воздуха	80% при температуре 25 °С

D. Устранение неисправностей

Таблица D.1. Возможные неисправности

Характерные признаки неисправности	Возможная причина	Метод устранения
Светодиодный индикатор  горит красным	Модуль находится в нерабочем режиме вследствие установки некорректного ПО	Обновить версию прошивки микроконтроллера ещё раз, используя корректную версию
Светодиодный индикатор  не горит (питание подано)	Модуль находится в нерабочем режиме вследствие установки некорректного ПО	Обновить версию прошивки микроконтроллера ещё раз, используя корректную версию
	Модуль неисправен	Осуществить ремонт модуля в сервисном центре

В случае, если не удаётся самостоятельно устранить обнаруженную неисправность модуля, следует обратиться в службу технической поддержки по адресу:

ООО «НТЦ-Метротек»

127322, Москва,

ул. Яблочкова, д. 21, корп. 3

Тел.: (495) 961-0071, (812) 340-0118, (812) 340-0119

www.metrotek.ru

www.metrotek.spb.ru

При обращении необходимо указать следующую информацию: наименование модуля, заводской номер и описание проблемы.

Е. Структура каталогов

Для хранения отчётов (результатов измерений) и трейс-файлов в приборе Беркут-ММТ организована следующая структура каталогов.

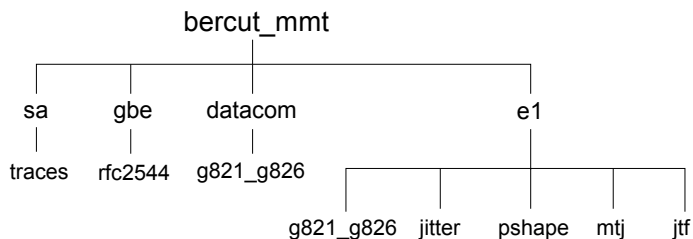


Рис. Е.1. Структура каталогов

Папка `bercut_mmt` находится в домашнем каталоге пользователя.

Отчёты и декодированные трейс-файлы сохраняются в текстовом формате (с расширением `*.txt`). Недекодированные трейс-файлы имеют расширение `*.dat`. Хронограммы сохраняются в форматах `txt` и `csv`.

<code>sa</code>	Подсистема анализа протоколов
<code>traces</code>	Трейс-файлы (в том числе и декодированные)
<code>gbe</code>	Подсистема анализа Ethernet/Gigabit Ethernet
<code>rfc2544</code>	Измерения по методике RFC 2544
<code>datacom</code>	Подсистема DataCom
<code>g821_g826</code>	Базовые измерения
<code>e1</code>	Подсистема анализа ИКМ
<code>g821_g826</code>	Базовые измерения
<code>jitter</code>	Джиттер
<code>pshape</code>	Форма импульса и осциллограмма
<code>mtj</code>	МТЖ
<code>jtf</code>	ЖТФ

Литература

- [1] RFC 2544, «Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices», S. Bradner and J. McQuaid, March 1999.
- [2] RFC 2819, «Remote Network Monitoring Management Information Base», S. Waldbusser, May 2000.
- [3] RFC 826, Plummer, D., «Ethernet Address Resolution Protocol or converting network protocol addresses to 48.bit Ethernet address for transmission on Ethernet hardware», November 1982.
- [4] IEEE Std 802.1Q, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks — Virtual Bridged Local Area Networks.
- [5] RFC 3168, «The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP», K. Ramakrishnan, S. Floyd, D. Black, September 2001.