

## Benchmarking Terminology for LAN Switching Devices

Терминология для сравнения устройств коммутации ЛВС

### Статус документа

Этот документ содержит информацию для сообщества Internet. Документ не задаёт каких-либо стандартов Internet. Допускается свободное распространение документа.

### Авторские права

Copyright (C) The Internet Society (1998). All Rights Reserved.

## Оглавление

1. Введение.....	1
2. Имеющиеся определения.....	2
3. Определения терминов.....	2
3.1 Устройства.....	2
3.1.1 Тестируемое устройство (Device under test или DUT).....	2
3.1.2 Тестируемая система (System Under Test или SUT).....	2
3.2 Ориентация трафика.....	2
3.2.1 Однонаправленный (Unidirectional) трафик.....	2
3.2.2 Двухсторонний (Bidirectional) трафик.....	3
3.3 Распределение трафика.....	3
3.3.1 Трафик без смешивания (Non-meshed).....	3
3.3.2 Трафик с частичным перемешиванием.....	3
3.3.3 Трафик с полным перемешиванием.....	4
3.4 Всплески трафика (импульсы).....	4
3.4.1 Импульс (Burst).....	4
3.4.2 Размер импульса (Burst size).....	4
3.4.3 Интервал между импульсами (Inter-burst gap или IBG).....	5
3.5 Нагрузка.....	5
3.5.1 Предполагаемая нагрузка (Intended load или Iload).....	5
3.5.2 Предложенная нагрузка (Offered load или Oload).....	5
3.5.3 Максимальная предлагаемая нагрузка (Maximum offered load или MOL).....	5
3.5.4 Перегрузка (overloading).....	6
3.6 Скорость пересылки.....	6
3.6.1 Скорость пересылки (Forwarding rate или FR).....	6
3.6.2 Скорость пересылки при максимальной предложенной нагрузке (FRMOL).....	6
3.6.3 Максимальная скорость пересылки (Maximum forwarding rate или MFR).....	7
3.7 Контроль перегрузки.....	7
3.7.1 Противодействие (Backpressure).....	7
3.7.2 Прямое воздействие (Forward pressure).....	7
3.7.3 Блокировка начала очереди (Head of line blocking).....	8
3.8 Обработка адресов.....	8
3.8.1 Ёмкость кэша адресов (Address caching capacity).....	8
3.8.2 Скорость изучения адресов (address learning rate).....	8
3.8.3 Счётчик лавинных рассылок (Flood count).....	8
3.9 Фильтрация кадров с ошибками.....	8
3.9.1 Кадры с ошибками (Errored frames).....	9
3.10 Широковещательные кадры.....	9
3.10.1 Скорость широковещательной пересылки (Broadcast forwarding rate).....	9
3.10.2 Задержка широковещательных кадров (Broadcast latency).....	9
4. Вопросы безопасности.....	9
5. Литература.....	9
6. Благодарности.....	9
7. Адрес автора.....	10
8. Полное заявление авторских прав.....	10

## 1. Введение

Этот документ предназначен послужить терминологической базой для тестирования и сравнения устройств коммутации локальных сетей (ЛВС). Документ расширяет терминологию, введённую для сравнения межсетевых и коммутирующих устройств в RFC 1242 и RFC 1944.

Хотя может оказаться полезным применение определяемых здесь терминов к более широкому кругу устройств соединения сетей, в этом RFC рассматриваются в основном устройства уровня управления доступом к среде (Medium Access Control или MAC). Документ определяет термины, относящиеся к трафику, используемому при сравнении устройств коммутации и измерении производительности пересылки, контроля перегрузок, задержки, обработки и фильтрации адресов.

## 2. Имеющиеся определения

Перед использованием этого документа следует обратиться к RFC 1242 «Benchmarking Terminology for Network Interconnect Devices». В RFC 1944 «Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices» обсуждается множество терминов, относящихся к сравнению устройств коммутации и этот документ также следует прочесть.

Для ясности и согласованности в этом RFC используется шаблон определений из раздела 2 в RFC 1242. Определения пронумерованы и сгруппированы для простоты ссылок на них.

Ключевые слова **необходимо** (MUST), **недопустимо** (MUST NOT), **требуется** (REQUIRED), **нужно** (SHALL), **не следует** (SHALL NOT), **следует** (SHOULD), **не нужно** (SHOULD NOT), **рекомендуется** (RECOMMENDED), **возможно** (MAY), **необязательно** (OPTIONAL) в данном документе должны интерпретироваться в соответствии с RFC 2119.

## 3. Определения терминов

### 3.1 Устройства

Эта группа определений относится ко всем сетевым устройствам.

#### 3.1.1 Тестируемое устройство (Device under test или DUT)

##### Определение

Сетевое пересылающее устройство, на которое оказывается воздействие и измеряется отклик на него.

##### Обсуждение

Отдельное автономное или модульное устройство, которое получает кадры через один или несколько интерфейсов и пересылает их в один или несколько интерфейсов в соответствии с адресными данными в кадре.

##### Единицы измерения

Не применимо

##### Проблемы

##### Дополнительная информация

3.1.2 Тестируемая система (System Under Test или SUT)

#### 3.1.2 Тестируемая система (System Under Test или SUT)

##### Определение

Набор связанных сетевых устройств, на который оказывается воздействие и измеряется отклик на него.

##### Обсуждение

Тестируемая система может состоять из разных сетевых устройств. Некоторые устройства в процессе принятия решений о пересылке могут быть активными (например, маршрутизаторы и коммутаторы), а другие - пассивными (например, CSU/DSU). Независимо от включаемых элементов система рассматривается как единая сущность, на которую оказывается воздействие и измеряется отклик на него.

##### Единицы измерения

Не применимо.

##### Проблемы

##### Дополнительная информация

3.1.1 Тестируемое устройство (Device under test или DUT)

### 3.2 Ориентация трафика

Эта группа определений относится к трафику, представляемому интерфейсам DUT/SUT, и указывают, является интерфейс приёмным, передающим или работающим в обоих направлениях.

#### 3.2.1 Однонаправленный (Unidirectional) трафик

##### Определение

Все кадры, представляемые входным интерфейсам DUT/SUT, адресованы выходным интерфейсам, которые сами не принимают кадров.

##### Обсуждение

Это определение соответствует обсуждению в разделе 16 RFC 1944, где описано представление одностороннего трафика в DUT/SUT для измерения пропускной способности. Односторонний трафик применяется также для измерения минимального интервала между кадрами, создания на интерфейсе перегрузки «многие одному» или «один многим», обнаружение блокировки в голове (head of line blocking), измерение скорости и пропускной способности при пересылке, когда активны механизмы контроля перегрузок.

Когда тестирующий предоставляет DUT/SUT однонаправленный трафик, приём и передача обрабатываются разными интерфейсами DUT/SUT. Все кадры, полученные DUT/SUT от тестирующего, передаются ему же через интерфейсы, которые сами не получают каких-либо кадров.

Полезно различать направление и распространение трафика при рассмотрении используемой в тестах картины трафика. Например, однонаправленный трафик ориентирован в одном направлении между взаимоисключающими наборами исходных (source) и целевых (destination) интерфейсов DUT/SUT. Однако такой трафик можно по-разному распространить между интерфейсами. Когда трафик передаётся на два или более интерфейса от внешнего источника и затем пересылается DUT/SUT в один выходной интерфейс, трафик является односторонним и распределяется как «множество в один» (many-to-one). Трафик можно передать на один входной интерфейс и переслать в DUT/SUT на два или более выходных интерфейса для распределения «от одного ко многим» (one-to-many).

Распределение трафика можно комбинировать для тестирования «блокировки в голове» (head of line) или измерения скорости и пропускной способности пересылки при активном контроле перегрузки.

При наличии в DUT/SUT интерфейсов, работающих с разными скоростями, число входных интерфейсов, требуемых для загрузки или перегрузки выходных интерфейсов, будет разным.

Следует отметить, что измерение минимального интервала между кадрами служит для проверки отклонений от стандарта IEEE 802.3.

##### Проблемы

Полнодуплексная или полудуплексная передача.

**Единицы измерения**

Не применимо

**Дополнительная информация**

- 3.2.2 Двухсторонний (Bidirectional) трафик;
- 3.3.1 Трафик без смешивания (Non-meshed);
- 3.3.2 Трафик с частичным перемешиванием;
- 3.3.3 Трафик с полным перемешиванием;
- 3.7 Контроль перегрузки;
- 3.7.3 Блокировка начала очереди (Head of line blocking).

**3.2.2 Двухсторонний (Bidirectional) трафик****Определение**

Кадры представляются DUT/SUT так, что каждый принимающий интерфейс является и передающим.

**Обсуждение**

Это определение соответствует обсуждению в разделе 14 RFC 1944.

Когда тестирующий предлагает DUT/SUT двухсторонний трафик, все интерфейсы, получающие трафик от тестирующего, также передают тому известные кадры.

Двухсторонний трафик **должен** предоставляться при измерении скорости пересылки или пропускной способности полнодуплексных интерфейсов коммутационного устройства.

**Проблемы**

Двоичный экспоненциальный алгоритм back-off с отсечкой.

**Единицы измерения**

Не применимо.

**Дополнительная информация**

- 3.2.1 Однонаправленный (Unidirectional) трафик;
- 3.3.1 Трафик без смешивания (Non-meshed);
- 3.3.2 Трафик с частичным перемешиванием;
- 3.3.3 Трафик с полным перемешиванием.

**3.3 Распределение трафика**

Эта группа определений применима к распространению кадров, пересылаемых DUT/SUT.

**3.3.1 Трафик без смешивания (Non-meshed)****Определение**

Кадры представляются одному входному интерфейсу и адресованы одному выходному интерфейсу DUT/SUT, а входные и выходные интерфейсы сгруппированы во взаимоисключающие пары.

**Обсуждение**

В простейшем варианте трафика non-meshed все кадры представляются одному входному интерфейсу и адресованы одному выходному. Для трафика без смешивания требуется взаимнооднозначное (one-to-one) сопоставления между входными и выходными интерфейсами.

**Единицы измерения**

Не применимо.

**Проблемы**

Полнодуплексный или полудуплексный режим.

**Дополнительная информация**

- 3.2.1 Однонаправленный (Unidirectional) трафик;
- 3.2.2 Двухсторонний (Bidirectional) трафик;
- 3.3.2 Трафик с частичным перемешиванием;
- 3.3.3 Трафик с полным перемешиванием;
- 3.4.1 Импульс (Burst).

**3.3.2 Трафик с частичным перемешиванием****Определение**

Кадры представляются одному или нескольким входным интерфейсам DUT/SUT и адресованы одному или нескольким выходным интерфейсам, где входные и выходные интерфейсы разделены на взаимоисключающие группы с отображением «один несколько», «несколько в один» или «несколько в несколько».

**Обсуждение**

Определение соответствует обсуждению в разделе 16 RFC 1944 для многопортовых тестов. Трафик с частичным перемешиванием позволяет выполнять между входными и выходными интерфейсами сопоставления «один в несколько», «несколько в один» или «несколько в несколько» с возможностью связывания нескольких коммутационных устройств через сетевые магистрали.

Следует отметить, что трафик с частичным перемешиванием может нагружать магистральные соединения, связывающие два коммутационных устройства или системы, сильнее, чем трафик с полным перемешиванием. При представлении частично перемешиваемого трафика устройствам или системам, можно задать пересылку всех принятых кадров на другую сторону магистрального соединения, тогда как при полном перемешивании часть кадров может пересылаться локально, т. е. через принимающие кадры интерфейсы DUT/SUT, и они не будут проходить по магистральным соединениям.

**Единицы измерения**

Не применимо.

**Проблемы**

Полнодуплексный или полудуплексный режим.

**Дополнительная информация**

- 3.2.1 Однонаправленный (Unidirectional) трафик;
- 3.2.2 Двухсторонний (Bidirectional) трафик;
- 3.3.1 Трафик без смешивания (Non-meshed);
- 3.3.3 Трафик с полным перемешиванием;
- 3.4.1 Импульс (Burst).

### 3.3.3 Трафик с полным перемешиванием

#### Определение

Кадры предоставляются определённому числу интерфейсов DUT/SUT так, что каждый тестируемый интерфейс получает кадры, адресованные всем другим тестируемым интерфейсам.

#### Обсуждение

Как и для двухстороннего трафика с частичным перемешиванием при полном смешивании каждый из интерфейсов DUT/SUT принимал и передавал кадры. Однако интерфейсы не делятся на группы, как при частичном перемешивании, поэтому каждый интерфейс пересылает кадры всем другим интерфейсам и получает кадры от каждого из других интерфейсов. Общее число пар «вход-выход» при полном смешивании трафика через  $n$  коммутирующих интерфейсов составляет  $n * (n - 1)$ , тогда как при частичном перемешивании число таких пар составляет  $n * (n / 2)$ .

Трафик с полным перемешиванием на полудуплексных интерфейсах по своей природе является пульсирующим (bursty) поскольку интерфейс должен прерывать передачу на время приёма кадра. Такой тип пульсирующего трафика с перемешиванием характерен для реальных сетей и может применяться для проверки DUT/SUT, включающей одновременно многие компоненты устройства или системы. Может потребоваться дополнительная проверка для сопоставления пропускной способности пересылки в DUT/SUT для трафика с перемешиванием с оценкой отдельных элементов, таких как входные и выходные буферы, механизмы распределения буферов, суммарная производительность коммутации, скорость обработки или управление доступом к среде.

Анализ измерений скорости пересылки связан с проблемой представления двухстороннего или полностью перемешанного трафика, поскольку скорость, с которой можно наблюдать представление пакетов тестирующим в DUT/SUT, может быть меньше скорости, с которой он намеревался передавать в результате конфликтов в полудуплексной среде или работы механизмов контроля перегрузок. Это делает важным учёт предполагаемой и фактической скорости, определённых в параграфах 3.5.1 и 3.5.2, при подготовке отчётов о результатах измерения скорости пересылки.

При представлении пульсирующего трафика с перемешиванием в DUT/SUT нужно учитывать множество переменных, включая размер кадров, число кадров в пиках, интервалы между пиками, а также распределение нагрузки для входящего и исходящего трафика. Связанные с пиками трафика термины определены в параграфе 3.4.

#### Единицы измерения

Не применимо.

#### Проблемы

Полнодуплексный или полудуплексный режим.

#### Дополнительная информация

- 3.2.1 Однонаправленный (Unidirectional) трафик;
- 3.2.2 Двухсторонний (Bidirectional) трафик;
- 3.3.1 Трафик без смешивания (Non-meshed);
- 3.3.2 Трафик с частичным перемешиванием;
- 3.4.1 Импульс (Burst);
- 3.5.1 Предполагаемая нагрузка (Intended load или Iload);
- 3.5.2 Предложенная нагрузка (Offered load или Oload).

## 3.4 Всплески трафика (импульсы)

В этом параграфе представлены определения, связанные с интервалами между кадрами или группами кадров, представляемыми DUT/SUT.

### 3.4.1 Импульс (Burst)

#### Определение

Последовательность кадров, передаваемых с минимально допустимым межкадровым интервалом.

#### Обсуждение

Это определение соответствует обсуждению в параграфе 3.16 RFC 1242 и разделе 21 RFC 1944, где описаны случаи, когда полезно рассматривать изолированные кадры как импульсы из одного кадра.

#### Единицы измерения

Не применимо

#### Проблемы

#### Дополнительная информация

- 3.4.2 Размер импульса (Burst size);
- 3.4.3 Интервал между импульсами (Inter-burst gap или IBG).

### 3.4.2 Размер импульса (Burst size)

#### Определение

Число кадров в импульсе.

#### Обсуждение

Размер импульса может варьироваться от 0 до бесконечности. В одностороннем трафике, а также в и двухстороннем трафике и трафике с полным перемешиванием на полнодуплексных интерфейсах нет теоретического предела для размера импульса. Когда трафик является двухсторонним или полностью перемешанным в полудуплексной среде, размер импульсов конечен, поскольку интерфейсы прерывают передачу на время приёма кадров.

В реальных сетях размер импульсов обычно растёт с увеличением размера окна. Это делает желательным тестирование устройств как малыми, так и большими импульсами.

#### Единицы измерения

Число N-октетных кадров.

#### Проблемы

#### Дополнительная информация

- 3.4 Всплески трафика (импульсы);
- 3.4.3 Интервал между импульсами (Inter-burst gap или IBG).

### 3.4.3 Интервал между импульсами (*Inter-burst gap* или *IBG*)

#### Определение

Интервал между двумя импульсами.

#### Обсуждение

Это определение соответствует обсуждению в разделе 20 RFC 1944 для импульсного трафика.

Двухсторонний и перемешанный трафик по своей природе является импульсным, поскольку интерфейсы делят время между передачей и приёмом кадров. Внешние источники, представляющие импульсный трафик для данного размера кадров, должны обеспечивать настройку интервала между импульсами для обеспечения требуемой средней скорости передачи кадров.

#### Единицы измерения

наносекунды;  
микросекунды;  
миллисекунды;  
секунды.

#### Проблемы

#### Дополнительная информация

- 3.4.1 Импульс (Burst);
- 3.4.2 Размер импульса (Burst size).

## 3.5 Нагрузка

Эта группа определений относится к скорости представления трафика в DUT/SUT.

### 3.5.1 Предполагаемая нагрузка (*Intended load* или *Iload*)

#### Определение

Число кадров в секунду, которые внешний источник пытается передать в DUT/SUT для пересылки в заданный интерфейс или интерфейсы.

#### Обсуждение

Конфликты (коллизии) на каналах CSMA/CD или действия механизмов контроля перегрузки могут влиять на скорость, с которой внешний источник трафика передаёт кадры в DUT/SUT. Это делает полезным различать нагрузку, которую пытается применить к DUT/SUT внешний источник, и наблюдаемую или измеренную нагрузку.

В случае Ethernet внешний источник трафика **должен** реализовать механизм экспоненциального снижения с отсечкой для гарантии легитимного доступа к среде.

#### Единицы измерения

бит в секунду;  
N октетов в секунду;  
(N октетов в секунду / максимальное для среды число октетов в секунду) \* 100.

#### Проблемы

#### Дополнительная информация

- 3.4.1 Импульс (Burst);
- 3.4.3 Интервал между импульсами (Inter-burst gap или IBG);
- 3.5.2 Предложенная нагрузка (Offered load или Oload).

### 3.5.2 Предложенная нагрузка (*Offered load* или *Oload*)

#### Определение

Число кадров в секунду, которые внешний источник может наблюдать или измерить для передачи DUT/SUT с целью пересылки в указанный выходной интерфейс или интерфейсы.

#### Обсуждение

Нагрузка, которую внешнее устройство может наблюдать применительно к DUT/SUT, может быть меньше предполагаемой нагрузки в результате конфликтов в полудуплексной среде или действия механизмов контроля перегрузок. Это делает важным разделение предусмотренной и предоставленной нагрузки при анализе результатов измерения скорости пересылки для двухстороннего или полностью перемешанного трафика.

Кадры, которые не были переданы внешним устройством в DUT/SUT, **недопустимо** учитывать как переданные при измерении скорости пересылки.

Число кадров учтённых на интерфейсе DUT/SUT, может быть больше числа кадров от внешнего устройства в результате получения кадров связующего дерева (BPDU - Bridge Protocol Data Unit) на коммутаторах с поддержкой 802.1D или кадров управления SNMP. Такие кадры следует считать модификаторами, как указано в параграфе 11 RFC 1944.

Предложенная нагрузка **должна** указываться в отчёте о результатах измерения скорости пересылки.

#### Единицы измерения

бит в секунду;  
N октетов в секунду;  
(N октетов в секунду / максимальное для среды число октетов в секунду) \* 100.

#### Проблемы

Token Ring

#### Дополнительная информация

- 3.2.2 Двухсторонний (Bidirectional) трафик;
- 3.3.3 Трафик с полным перемешиванием;
- 3.5.1 Предполагаемая нагрузка (Intended load или Iload);
- 3.6.1 Скорость пересылки (Forwarding rate или FR).

### 3.5.3 Максимальная предлагаемая нагрузка (*Maximum offered load* или *MOL*)

#### Определение

Наибольшее число кадров в секунду, которые внешний источник может передать DUT/SUT для пересылки во внешний интерфейс или интерфейсы.

**Обсуждение**

Максимальная нагрузка, которую внешнее устройство может применить к DUT/SUT, может не совпадать с максимальной нагрузкой, поддерживаемой средой передачи. Это может быть в случае нехватки у внешнего источника ресурсов для передачи кадров с интервалом меньше минимально допустимого. Кроме того, максимальная нагрузка может меняться в зависимости от параметров, не связанных с максимальной теоретической загрузкой среды. Например, в средах с маркерами максимальная нагрузка может зависеть от скорости обращения маркера (Token Rotation Time), времени его удержания (Token Holding Time) или возможности привязать несколько кадров к одному маркеру. Максимальная нагрузка, которую внешнее устройство может применить к DUT/SUT, **должна** указываться при измерении скорости пересылки.

**Единицы измерения**

бит в секунду;

N октетов в секунду;

(N октетов в секунду / максимальное для среды число октетов в секунду) \* 100.

**Проблемы****Дополнительная информация**

3.5.2 Предложенная нагрузка (Offered load или Oload).

### 3.5.4 Перегрузка (overloading)

**Определение**

Попытка нагрузить DUT/SUT сверх максимальной скорости передачи, разрешённой средой.

**Обсуждение**

Перегрузка может служить для проверки буферов и алгоритмов их выделения, а также механизмов контроля перегрузок. Число входных интерфейсов, требуемых для перегрузки одного или нескольких выходных интерфейсов DUT/SUT, будет зависеть от скорости сред, к которым подключены интерфейсы.

Внешний источник также может перегрузить интерфейс, передавая кадры с интервалом меньше минимально разрешённого. DUT/SUT **должны** пересылать такие кадры с интервалом не меньше разрешённого стандартами.

DUT/SUT с механизмами контроля перегрузок, такими как противодействие (backpressure) или прямое воздействие (forward pressure), могут не показывать потери кадров, когда тестирующий пытается перегрузить один или несколько интерфейсов. Это не следует принимать как свидетельство того, что DUT/SUT поддерживает скорости передачи выше возможной для среды, поскольку оба метода снижают скорость, с которой тестирующий представляет кадры, для предотвращения перегрузки. При противодействии это достигается путём «зжатия» передающих интерфейсов тестирующего, а при прямом воздействии - путём ограничения доступа к среде. При анализе обоих случаев следует учитывать различие между предполагаемой (параграф 3.5.1) и предоставляемой (параграф 3.5.2) нагрузкой.

**Единицы измерения**

бит в секунду;

N октетов в секунду;

(N октетов в секунду / максимальное для среды число октетов в секунду) \* 100.

**Проблемы****Дополнительная информация**

3.2.1 Однонаправленный (Unidirectional) трафик;

3.5.1 Предполагаемая нагрузка (Intended load или Iload);

3.5.2 Предложенная нагрузка (Offered load или Oload);

3.6.1 Скорость пересылки (Forwarding rate или FR);

3.7.1 Противодействие (Backpressure);

3.7.2 Прямое воздействие (Forward pressure).

## 3.6 Скорость пересылки

Эта группа определений относится к скоростям, с которым DUT/SUT пересылает кадры в ответ на воздействие.

### 3.6.1 Скорость пересылки (Forwarding rate или FR)

**Определение**

Число кадров в секунду, которое устройство может успешно передать корректному интерфейсу получателя в ответ на конкретную предложенную нагрузку.

**Обсуждение**

В отличие от пропускной способности, определённой в параграфе 3.17 RFC 1242, скорость не указывает явно потерю кадров. Скорость пересылки говорит о числе кадров в секунду, наблюдаемых на выходной стороне тестируемого интерфейса и **должна** указываться в связи с предложенной нагрузкой. Скорость пересылки может измеряться с разными направлениями и распространением трафика.

Следует отметить, что скорость пересылки DUT/SUT может зависеть от действия механизма контроля перегрузок.

**Единицы измерения**

Число N-октетных кадров в секунду.

**Проблемы****Дополнительная информация**

3.5.2 Предложенная нагрузка (Offered load или Oload);

3.6.2 Скорость пересылки при максимальной предложенной нагрузке (FRMOL);

3.6.3 Максимальная скорость пересылки (Maximum forwarding rate или MFR).

### 3.6.2 Скорость пересылки при максимальной предложенной нагрузке (FRMOL)

**Определение**

Число кадров в секунду, которое устройство может успешно передать корректному интерфейсу получателя в ответ на максимальную предложенную нагрузку.

**Обсуждение**

Скорость пересылки при максимальной предлагаемой нагрузке может быть меньше максимальной скорости, с которой устройство успешно пересылает трафик. Это может быть в результате снижения возможности устройства пересылать кадры при максимальной нагрузке.

При указании скорости пересылки с максимальной нагрузкой **должна** указываться максимальная предлагаемая нагрузка.

#### Единицы измерения

Число N-октетных кадров в секунду.

#### Проблемы

#### Дополнительная информация

- 3.5.3 Максимальная предлагаемая нагрузка (Maximum offered load или MOL);
- 3.6.1 Скорость пересылки (Forwarding rate или FR);
- 3.6.3 Максимальная скорость пересылки (Maximum forwarding rate или MFR).

### 3.6.3 Максимальная скорость пересылки (Maximum forwarding rate или MFR)

#### Определение

Наибольшая скорость пересылки DUT/SUT, полученная при повторяющихся измерениях скорости пересылки.

#### Обсуждение

Снижение скорости пересылки устройством может начаться до достижения максимальной нагрузки. При указании в отчёте максимальной скорости пересылки следует указывать также приложенную нагрузку.

Ниже приведён пример использования терминов, относящихся к скорости пересылки. В частности, показано использование различия в скорости пересылки при максимальной нагрузке (FRMOL) и максимальной скорости пересылки (MFR) в качестве характеристики DUT/SUT.

№ **Нагрузка на тестируемое устройство**      **Скорость пересылки DUT/SUT**

1 14880 кадр/сек (MOL)	7400 кадр/сек (FRMOL)
2 13880 кадр/сек	8472 кадр/сек
3 12880 кадр/сек	12880 кадр/сек (MFR)

#### Единицы измерения

Число N-октетных кадров в секунду.

#### Проблемы

#### Дополнительная информация

- 3.5.2 Предложенная нагрузка (Offered load или Oload);
- 3.6.1 Скорость пересылки (Forwarding rate или FR);
- 3.6.2 Скорость пересылки при максимальной предложенной нагрузке (FRMOL).

## 3.7 Контроль перегрузки

Эта группа определений относится к поведению DUT/SUT при наличии перегрузки или конфликта (contention).

### 3.7.1 Противодействие (Backpressure)

#### Определение

Любой метод, применяемый DUT/SUT в попытке предотвратить потерю кадров путём создания внешним источником трафика препятствий в передаче кадров перегруженным интерфейсам.

#### Обсуждение

Некоторые коммутаторы передают сигналы «зажатия» (jam), например, в битах преамбулы, источникам трафика при переполнении буферов приёма и/или передачи. Коммутаторы с полнодуплексными каналами Ethernet могут применять для этого IEEE 802.3x Flow Control. Такие устройства могут не терять кадров при попытке внешних источников предложить трафик, насыщающий или перегружающий интерфейсы.

Следует отметить, что «зжатие» и другие способы управления потоком могут замедлять весь трафик, передаваемый на перегруженные входные интерфейсы, который направлен на выходные интерфейсы, не испытывающие перегрузки.

DUT/SUT, применяющие противодействие, могут не показывать потери кадров при попытке тестирующего перегрузить один или несколько интерфейсов. Это не следует считать возможностью DUT/SUT поддерживать скорость пересылки выше максимальной скорости для среды. В таких случаях перегрузка только кажется, поскольку применение противодействия в DUT/SUT позволяет предотвратить её за счёт снижения скорости, с которой тестирующий может представлять кадры.

#### Единицы измерения

Число N-октетных кадров, теряемых за секунду на перегруженном интерфейсе или интерфейсах, между применяющим противодействие интерфейсом и целевым интерфейсом без перегрузки.

#### Проблемы

«Зжатие» отправителя явным образом не стандартизовано.

#### Дополнительная информация

- 3.5.1 Предполагаемая нагрузка (Intended load или Iload);
- 3.5.2 Предложенная нагрузка (Offered load или Oload);
- 3.5.4 Перегрузка (overloading);
- 3.6.1 Скорость пересылки (Forwarding rate или FR);
- 3.7.2 Прямое воздействие (Forward pressure).

### 3.7.2 Прямое воздействие (Forward pressure)

#### Определение

Методы, которые отходят от стандартного протокола или иным способом нарушают его в попытке повысить производительность пересылки в DUT/SUT.

#### Обсуждение

DUT/SUT может подавлять или прерывать алгоритмы снижения (back-off) для принудительного получения доступа к среде в условиях конкуренции. Следует отметить, что алгоритмам back-off следует быть независимым от наличия перегрузки в DUT/SUT. Передача кадров с интервалом меньше минимально допустимого и игнорирование примитивов управления потоком относятся к этой категории.

DUT/SUT, применяющие прямое воздействие, могут избежать потери всех или части кадров при попытке тестирующего перегрузить один или несколько интерфейсов. Это не следует считать возможностью DUT/SUT поддерживать скорость пересылки выше доступной для среды. Перегрузка в таких случаях лишь кажется, поскольку прямое воздействие DUT/SUT позволяет интерфейсам разгрузить выходные очереди путём форсирования доступа к среде и запрета тестирующему передавать кадры.

**Единицы измерения**

Интервалы между кадрами в микросекундах.

Интервалы (в микросекундах) между попытками передачи при 16 последовательных конфликтах (коллизиях).

**Проблемы**

Алгоритм экспоненциального снижения с отсечкой (truncated binary exponential back-off).

**Дополнительная информация**

3.5.1 Предполагаемая нагрузка (Intended load или Iload);

3.5.2 Предложенная нагрузка (Offered load или Oload);

3.5.4 Перегрузка (overloading);

3.6.1 Скорость пересылки (Forwarding rate или FR);

3.7.1 Противодействие (Backpressure).

**3.7.3 Блокировка начала очереди (Head of line blocking)****Определение**

Потеря кадров или дополнительная задержка на неперегруженном выходном интерфейсе, когда кадры принимаются от входного интерфейса, который пытается также передавать кадры в перегруженный выходной интерфейс.

**Обсуждение**

Важно убедиться, что коммутатор не замедляет передачу и не отбрасывает кадры на неперегруженных интерфейсах, когда перегружен один из его других интерфейсов.

**Единицы измерения**

Скорость пересылки и потеря кадров на неперегруженном интерфейсе при получении кадров от входного интерфейса, который также передаёт кадры в перегруженный интерфейс.

**Проблемы**

Входные буферы.

**Дополнительная информация**

3.2.1 Однонаправленный (Unidirectional) трафик.

**3.8 Обработка адресов**

Эта группа определений относится к включению процесса распознавания адресов в DUT/SUT для пересылки кадров корректным получателям.

**3.8.1 Ёмкость кэша адресов (Address caching capacity)****Определение**

Число MAC-адресов на  $n$  интерфейсов, модуль или устройство, которые DUT/SUT может кэшировать для пересылки по ним кадров без лавинной рассылки или отбрасывания.

**Обсуждение**

Пользователи, создающие сети, захотят узнать, сколько узлов можно подключить к коммутатору. Это требует проверки числа MAC-адресов, которые могут быть назначены на  $n$  интерфейсов, модуль или шасси до того, как DUT/SUT начнёт лавинную рассылку кадров.

**Единицы измерения**

Число MAC на  $n$  интерфейсов, модулей или шасси.

**Проблемы****Дополнительная информация**

3.8.2 Скорость изучения адресов (address learning rate).

**3.8.2 Скорость изучения адресов (address learning rate)****Определение**

Максимальная скорость, с которой коммутатор может узнавать (learn) новые MAC-адреса без лавинной рассылки и отбрасывания кадров.

**Обсуждение**

Пользователи могут пожелать узнать, как долго коммутатор будет создавать свои таблицы адресов. Такая информация полезна при рассмотрении времени «поднятия» сети при входе в систему многочисленных пользователей в начале работы или после отказа в сети.

**Единицы измерения**

Число кадров с различными адресами отправителей в секунду.

**Проблемы****Дополнительная информация**

3.8.1 Ёмкость кэша адресов (Address caching capacity).

**3.8.3 Счётчик лавинных рассылок (Flood count)****Определение**

Число кадров, пересылаемых в интерфейсы для получателей, MAC-адресов которых нет в таблице, когда трафик представляется DUT/SUT для пересылки.

**Обсуждение**

При записи статистики пропускной способности важно убедиться, что кадры были отправлены соответствующим получателям. Разосланные лавинно кадры **недопустимо** учитывать в числе полученных. Лавинная рассылка может применяться как для известных, так и для неизвестных индивидуальных (unicast) адресов в кадрах.

**Единицы измерения**

Число действительных N-октетных кадров.

**Проблемы**

BPDU связующего дерева.

**Дополнительная информация**

3.8.1 Ёмкость кэша адресов (Address caching capacity).

**3.9 Фильтрация кадров с ошибками**

Эта группа определений относится к ошибкам, которые DUT/SUT может фильтровать.

### 3.9.1 Кадры с ошибками (*Errored frames*)

#### Определение

Кадры с избыточным (jabber) или недостаточным (runt) размером, ошибками выравнивания или FCS.

#### Обсуждение

Коммутаторы, в отличие от мостов IEEE 802.1d, могут не фильтровать все типы недействительных кадров. Например, некоторые коммутаторы, не выполняющие промежуточной буферизации перед пересылкой адресату, могут не фильтровать слишком большие или мелкие кадры, а также не проверять поле FCS (контрольная сумма). Недействительными могут быть также кадры с ошибками выравнивания полей.

#### Единицы измерения

Не применимо.

#### Проблемы

#### Дополнительная информация

## 3.10 Широковещательные кадры

Эта группа определений относится к широковещательным кадрам канального (MAC) и сетевого уровня.

### 3.10.1 Скорость широковещательной пересылки (*Broadcast forwarding rate*)

#### Определение

Число широковещательных кадров в секунду, которые DUT/SUT может доставлять во все интерфейсы домена широковещания при конкретной предложенной нагрузке кадрами, направленными по широковещательным MAC-адресам.

#### Обсуждение

Для пересылки широковещательных кадров нет стандартного механизма. Полезно определять скорость широковещательной пересылки для кадров, коммутируемых между интерфейсами одной или разных плат и интерфейсами разных шасси, соединённых сетевой магистралью. Понятия максимальной скорости широковещательной пересылки и широковещательной пересылки при максимальной нагрузке выводятся напрямую из определений параграфа 3.6 Скорость пересылки.

#### Единицы измерения

Число N-октетных кадров в секунду.

#### Проблемы

#### Дополнительная информация

3.6.2 Скорость пересылки при максимальной предложенной нагрузке (FRMOL);

3.6.3 Максимальная скорость пересылки (Maximum forwarding rate или MFR);

3.10.2 Задержка широковещательных кадров (Broadcast latency).

### 3.10.2 Задержка широковещательных кадров (*Broadcast latency*)

#### Определение

Время, требуемое DUT/SUT для пересылки широковещательного кадра в каждый интерфейс домена широковещания.

#### Обсуждение

Поскольку нет стандартного метода обработки коммутаторами широковещательных кадров, задержка таких кадров может различаться на принимающих интерфейсах устройства коммутации. Измерения задержки **следует** выполнять на уровне битов, как указано в параграфе 3.8 RFC 1242. Полезно определять задержку широковещательной пересылки для кадров пересылаемых между интерфейсами одной или разных плат шасси, а также между разными шасси, соединёнными сетевой магистралью.

#### Единицы измерения

наносекунды;

микросекунды;

миллисекунды;

секунды.

#### Проблемы

#### Дополнительная информация

3.10.1 Скорость широковещательной пересылки (Broadcast forwarding rate).

## 4. Вопросы безопасности

Документы этого типа напрямую не влияют на безопасность Internet или корпоративной сети, если тестирование выполняется на устройствах или системах, не подключённых к работающей (продуктивной) сети.

В документе указано, что коммутационные устройства могут отклоняться от стандарта IEEE 802.3, передавая кадры с интервалом меньше минимально разрешённого или узурпируя доступ к среде передачи путём отключения алгоритма backoff. Хотя такие отклонения не ведут напрямую к нарушениям безопасности, они могут мешать нормальной работе других сетевых устройств, препятствуя их доступу к среде. Не следует разрешать такие отклонения при использовании тестов в Internet или корпоративной сети.

## 5. Литература

[1] Bradner, S., "Benchmarking Terminology for Network Interconnection Devices", [RFC 1242](#), July 1991.

[2] Bradner, S., and J. McQuaid, "Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices", [RFC 1944](#), May 1996.

## 6. Благодарности

Спасибо рабочей группе Benchmarking Methodology в составе IETF и особенно Kevin Dubray (Bay Networks) за многочисленные предложения, которые помогли завершить этот документ. Ajay Shah (WG), Jean-Christophe Bestaux (ENL), Henry Hamon (Netcom Systems), Stan Kopek (Digital) и Doug Ruby (Prominet) внесли ценный вклад на разных этапах проекта.

Отдельная благодарность Scott Bradner за плодотворную работу в части тестирования и множество полезных замечаний.

## 7. Адрес автора

**Robert Mandeville**  
European Network Laboratories (ENL)  
2, rue Helene Boucher  
78286 Guyancourt Cedex  
France  
Phone: + 33 1 39 44 12 05  
Mobile Phone + 33 6 07 47 67 10  
Fax: + 33 1 39 44 12 06  
EMail: [bob.mandeville@eunet.fr](mailto:bob.mandeville@eunet.fr)

## 8. Полное заявление авторских прав

Copyright (C) The Internet Society (1998). Все права защищены.

Этот документ и его переводы могут копироваться и предоставляться другим лицам, а производные работы, комментирующие или иначе разъясняющие документ или помогающие в его реализации, могут подготавливаться, копироваться, публиковаться и распространяться целиком или частично без каких-либо ограничений при условии сохранения указанного выше уведомления об авторских правах и этого параграфа в копии или производной работе. Однако сам документ не может быть изменён каким-либо способом, таким как удаление уведомления об авторских правах или ссылок на Internet Society или иные организации Internet, за исключением случаев, когда это необходимо для разработки стандартов Internet (в этом случае нужно следовать процедурам для авторских прав, заданных процессом Internet Standards), а также при переводе документа на другие языки.

Предоставленные выше ограниченные права являются бессрочными и не могут быть отозваны Internet Society или правопреемниками.

Этот документ и содержащаяся в нем информация представлены "как есть" и автор, организация, которую он/она представляет или которая выступает спонсором (если таковой имеется), Internet Society и IETF отказываются от каких-либо гарантий (явных или подразумеваемых), включая (но не ограничиваясь) любые гарантии того, что использование представленной здесь информации не будет нарушать чьих-либо прав, и любые предполагаемые гарантии коммерческого использования или применимости для тех или иных задач.

### Перевод на русский язык

Николай Малых

[nmalykh@protokols.ru](mailto:nmalykh@protokols.ru)