

# *SOLIDEX*

## Стандарты Ethernet OAM



Василий Прокопов  
vprokorov@solidex.by  
9 февраля 2010



# Проблемное поле Carrier Ethernet

Ethernet эволюционирует и выходит за рамки сетей LAN. Для того, чтобы конкурировать с традиционными «carrier-grade» технологиями, применяемыми в операторских сетях, Carrier Ethernet должен включать в себя механизмы OAM\* и осуществлять:

- 1. Управление отказами**

Fault management

- 2. Мониторинг функционирования**

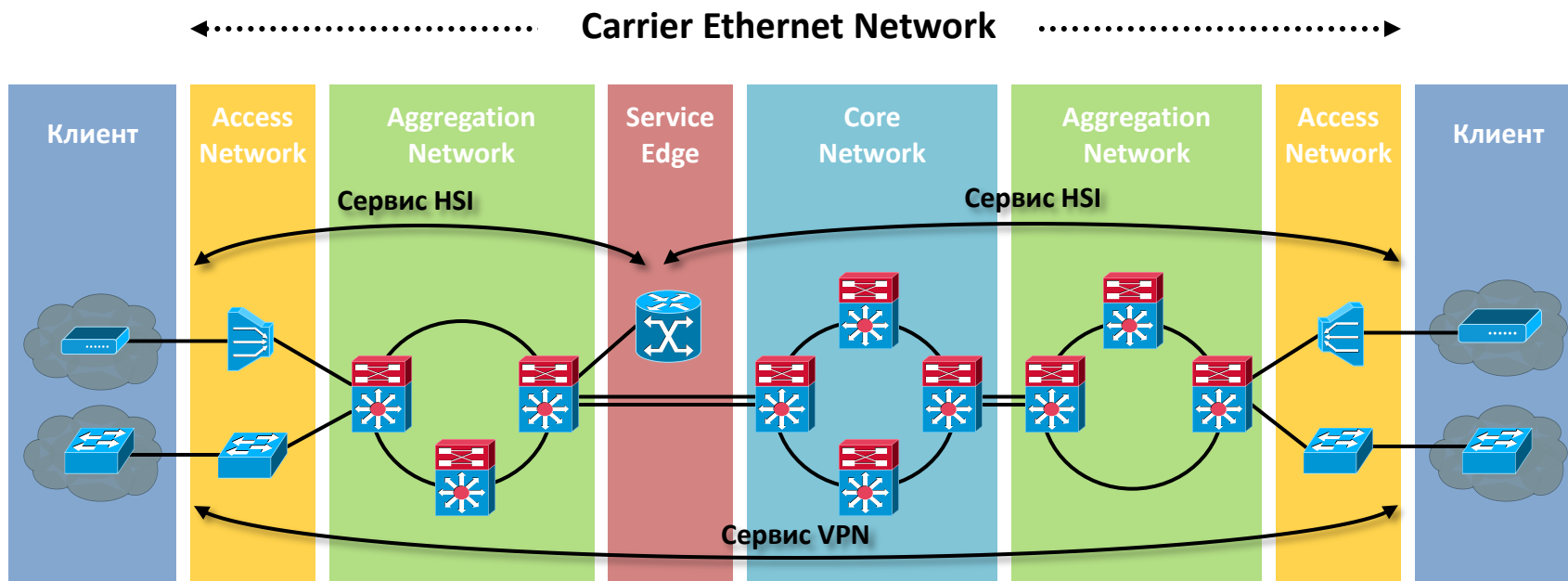
Performance monitoring

- 3. Управление конфигурацией**

Configuration management

\* OAM = Operation, Administration and Maintenance.

# Практическое применение OAM

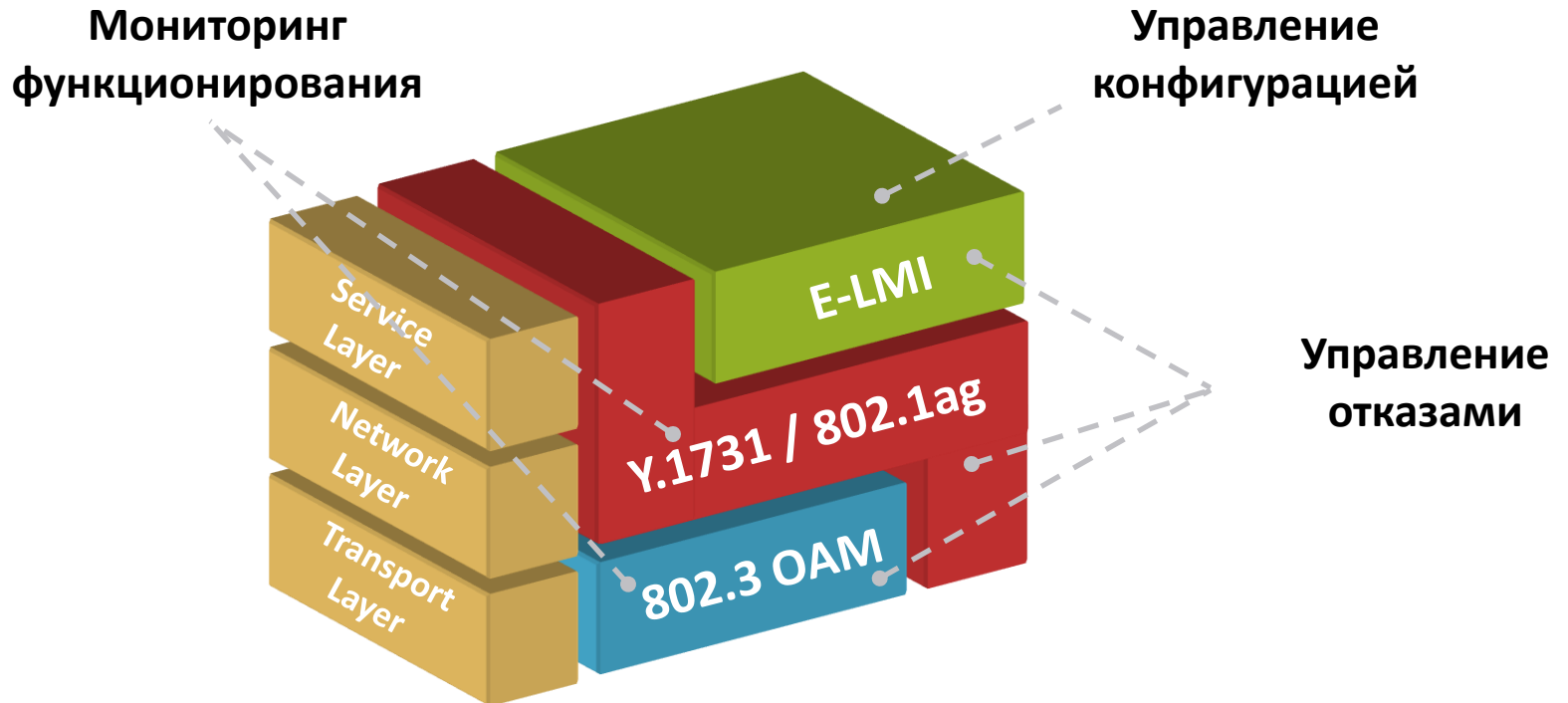


- Ethernet проникает с уровней Access и Aggregation на уровень опорной сети, формируя таким образом end-to-end Ethernet-сеть
- End-to-end Ethernet-сеть является фундаментом для предоставления сервисов, таких как HSI и VPN
- OAM призван осуществлять управления отказами и мониторинг функционирования в разрезе по каждому сервису

## Как OAM может облегчить жизнь администратора?

- OAM способен осуществлять мониторинг сети и оповещать администратора в случае возникновения сбоев
- OAM обладает механизмами для поиска и локализации отказавшего устройства или участка сети
- Механизмы OAM позволяют определять характеристики соединения между клиентом и оператором с целью проверки на соответствие условиям договора
- OAM имеет возможность оповещать о сбоях систему NMS, которая может принять решение по восстановлению связности в автоматическом режиме
- При условии поддержки стандартов OAM, клиентское оборудование может осуществлять автоконфигурирование

# Набор стандартов Ethernet OAM



- **Transport Layer**

Рассматривает сеть как набор отдельных соединений Ethernet

- **Network Layer**

Рассматривает сеть как единую инфраструктуру, обеспечивающую end-to-end связность

- **Service Layer**

Рассматривает сеть как набор сервисов, предоставляемых на базе Network Layer

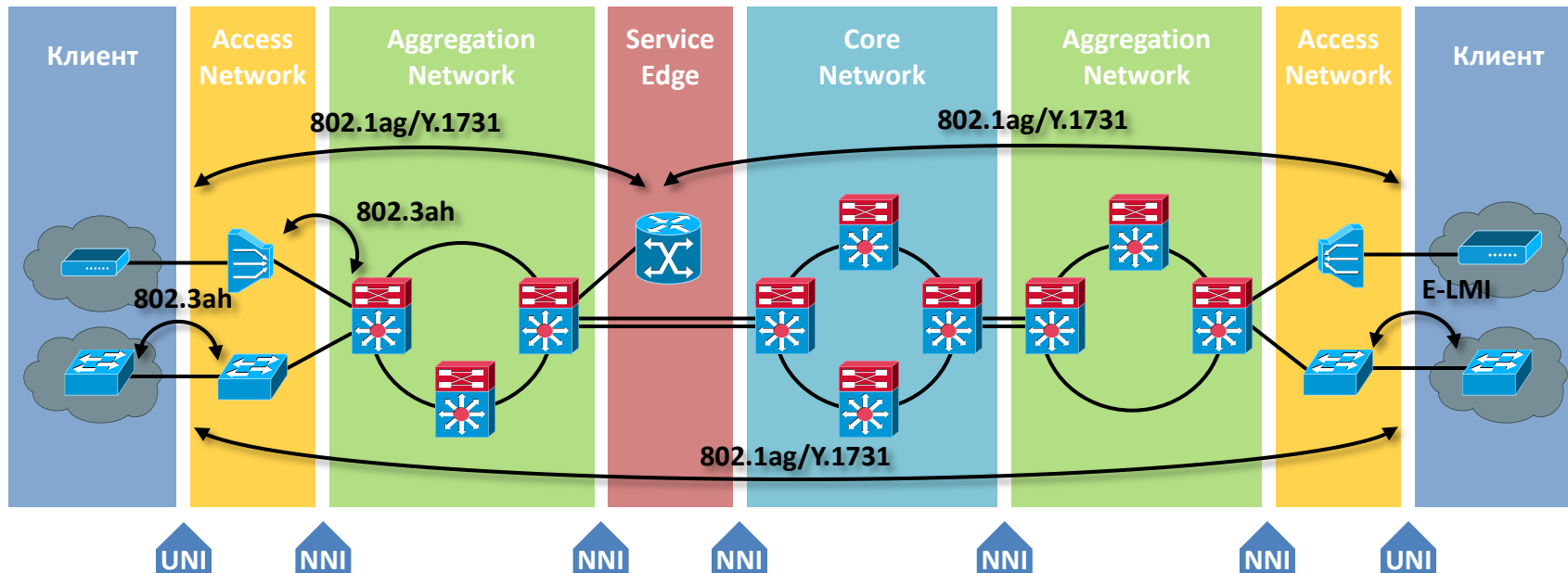
# Набор стандартов Ethernet OAM

- 1. IEEE 802.1ag**  
Connectivity Fault Management (CFM)
- 2. IEEE 802.3, раздел 57 \***  
Operations, Administration, and Maintenance (OAM)
- 3. ITU-T Y.1731**  
OAM functions and mechanisms for Ethernet-based networks
- 4. MEF E-LMI**  
Ethernet Local Management Interface

\* Бывший стандарт 802.3ah, который сейчас включен в стандарт 803.3-2008

# Области применения стандартов EOAM

Solidex



- **802.1ag / Y.1731** - между несмежными устройствами  
End-to-end, UNI-to-UNI
- **802.3 OAM** - между смежными устройствами  
Любой Ethernet-сегмент
- **E-LMI** - на стыке сетей оператора и клиента  
User-to-Network Interface (UNI)

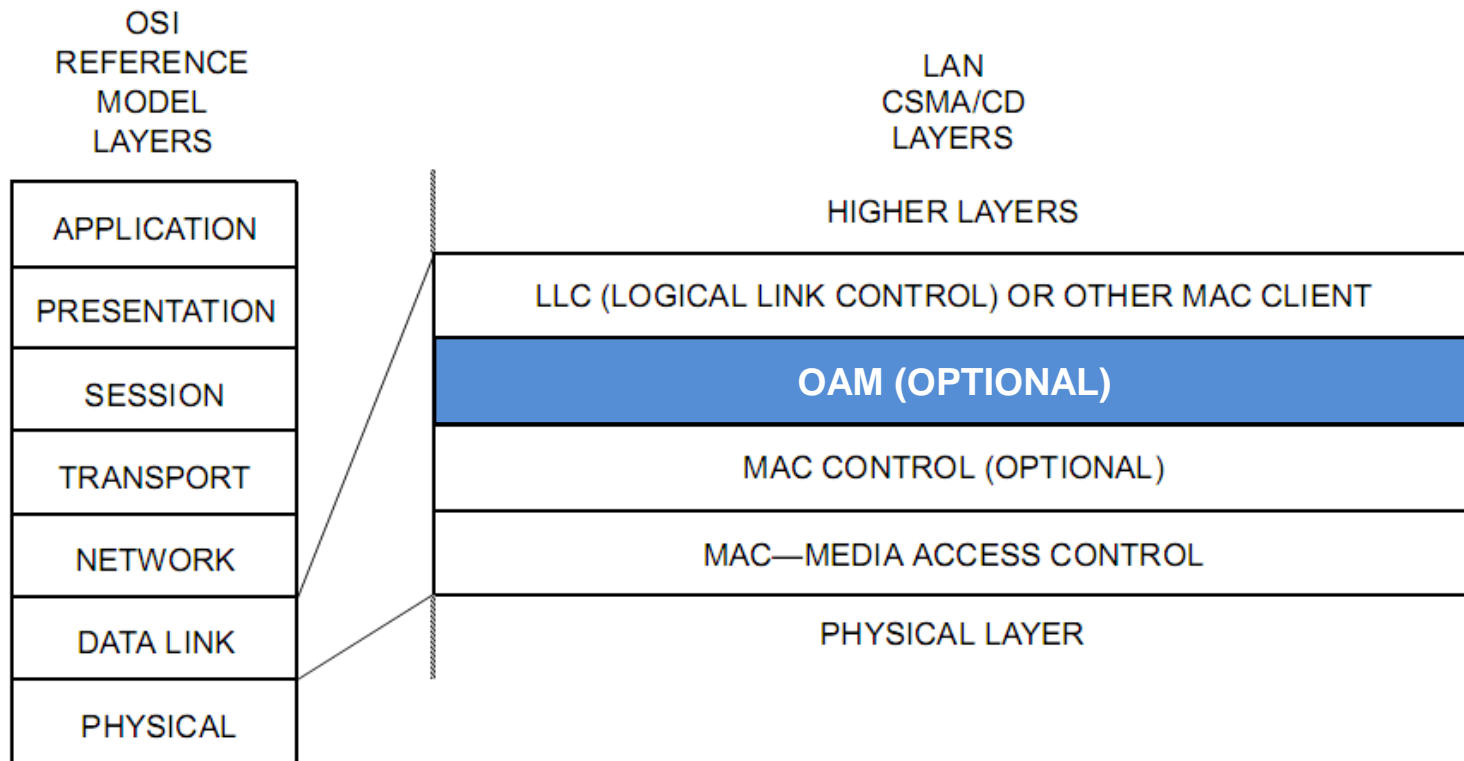
# IEEE 802.3

Operations, Administration, and Maintenance (OAM)

***SOLIDEX***



# 802.3 OAM



- Определяет подуровень OAM на канальном уровне модели OSI
- OAMPDU используется для обмена информацией между смежными устройствами, участвующими в OAM:
  - Multicast (01:80:C2:00:00:02)
  - 10 OAMPDU/сек.

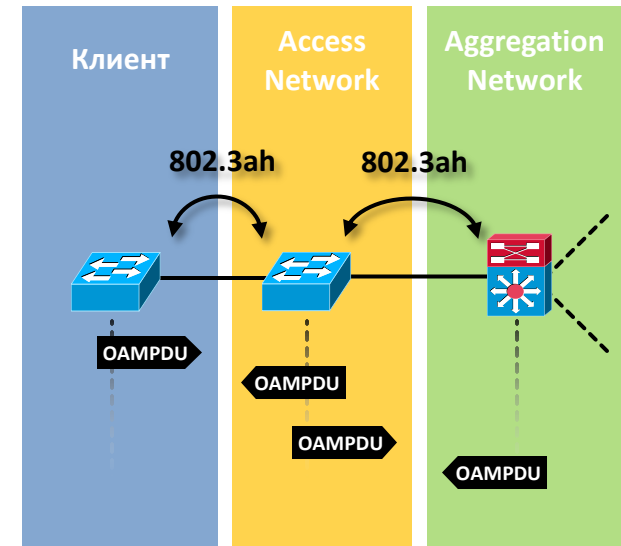
# OAMPDU

В связи с тем, что OAMPDU \* передаются в одном канале с производственным трафиком, количество отправок в единицу времени ограничено:

**10 OAMPDU/сек \*\***

Как следствие, минимальный возможный интервал следования OAMPDU равен 100 мс.

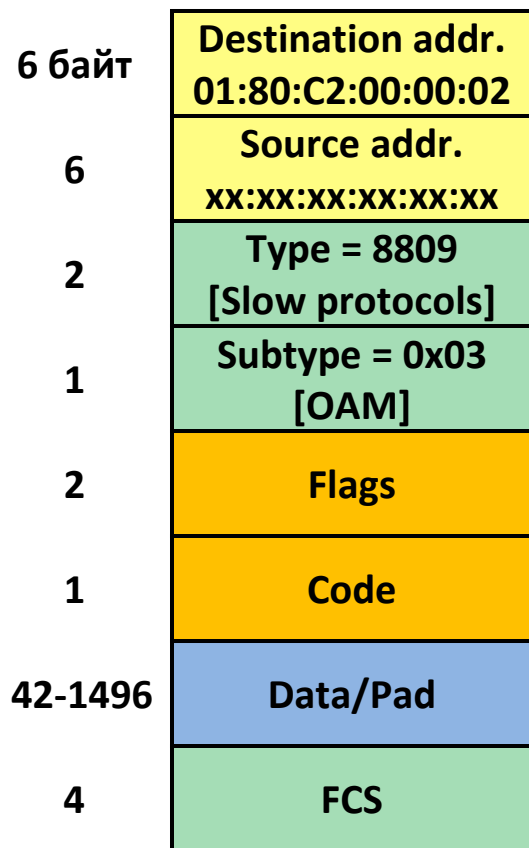
OAMPDU терминируется смежным устройством на противоположной стороне соединения Ethernet и никогда не переправляется далее.



\* OAMPDU - OAM Protocol Data Units

\*\* В соответствии со стандартом 802.3-2008, OAM относится к типу «Slow protocols», для которого предусмотрены ограничения по количеству пересылаемых сообщений в секунду

# OAMPDU



Code	OAMPDU	Описание
00	Information	Обмен информацией OAM
01	Event Notification	Оповещение remote DTE о локальных событиях
02	Variable Request	Запрос одной или нескольких MIB-переменных
03	Variable Response	Одна или несколько MIB-переменных
04	Loopback Control	Активирует и деактивирует режим «Remote loopback»
05-FD	<i>Reserved</i>	---
FE	Organiz. specific	---
FF	<i>Reserved</i>	---

## 1. OAM Discovery

Обнаружение соседнего устройства и обмен информацией о доступной функциональности OAM

## 2. Link monitoring

Мониторинг соединения с целью обнаружить отказ или ухудшение характеристик, влияющих на качество обмена данными

## 3. Fault signaling

Оповещение соседнего устройства и NMS об отказе или ухудшении характеристик соединения

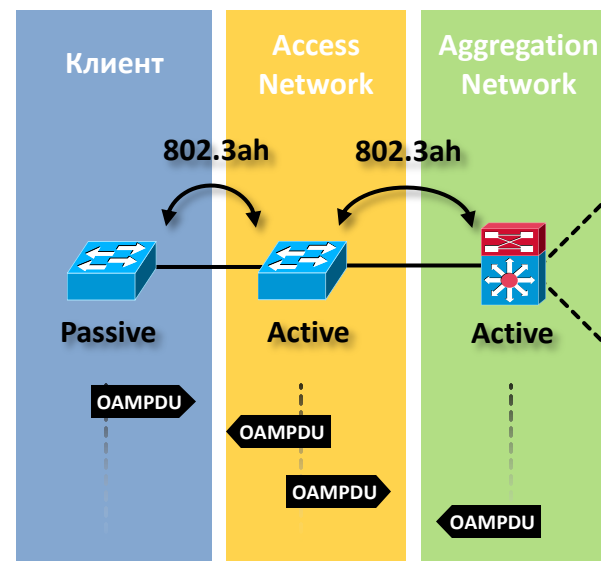
## 4. Remote loopback

Диагностика соединения с целью определения его характеристик, как-то: задержка, пропускная способность, потеря фреймов

# OAM Discovery

## Функции OAM Discovery:

1. Обнаружение соседнего устройства
2. Установление OAM-соседства
3. Обмен информацией о доступной функциональности OAM и конфигурации
4. Разрыв соседства если OAMPDU не поступает в течение 5 секунд



## Два режима работы сетевого устройства с поддержкой OAM:

- **Active DTE** - обладает полной OAM-функциональностью
- **Passive DTE** - обычно CE-оборудование:
  - Не может инициировать OAM Discovery
  - Не может инициировать процесс диагностики «Remote loopback»

# Link monitoring, Fault signaling

Стандарт 802.3 определяет ряд локальных событий, которые имеют влияние на функционирование соединения. OAM имеет механизмы оповещения соседнего устройства и NMS о наступлении таких событий.

Типы событий и механизмы оповещения:

- **Critical link events** - критические события  
Оповещение о критических событиях происходит путем модификации флагов в регулярных сообщениях OAMPDU
- **Link events** - некритические события  
Оповещение осуществляется путем генерирования и отправки дополнительных сообщений «Event notification OAMPDU» с соответствующими полями TLV

## Критические события:

- **Link fault**

Наступает в момент детектирования сбоя в Rx-цепи локальным сетевым устройством, участвующим в OAM

- **Dying gasp**

Локальное сетевое устройство переходит в состояние «operational down» (перезагрузка, отключение питания)

- **Critical event**

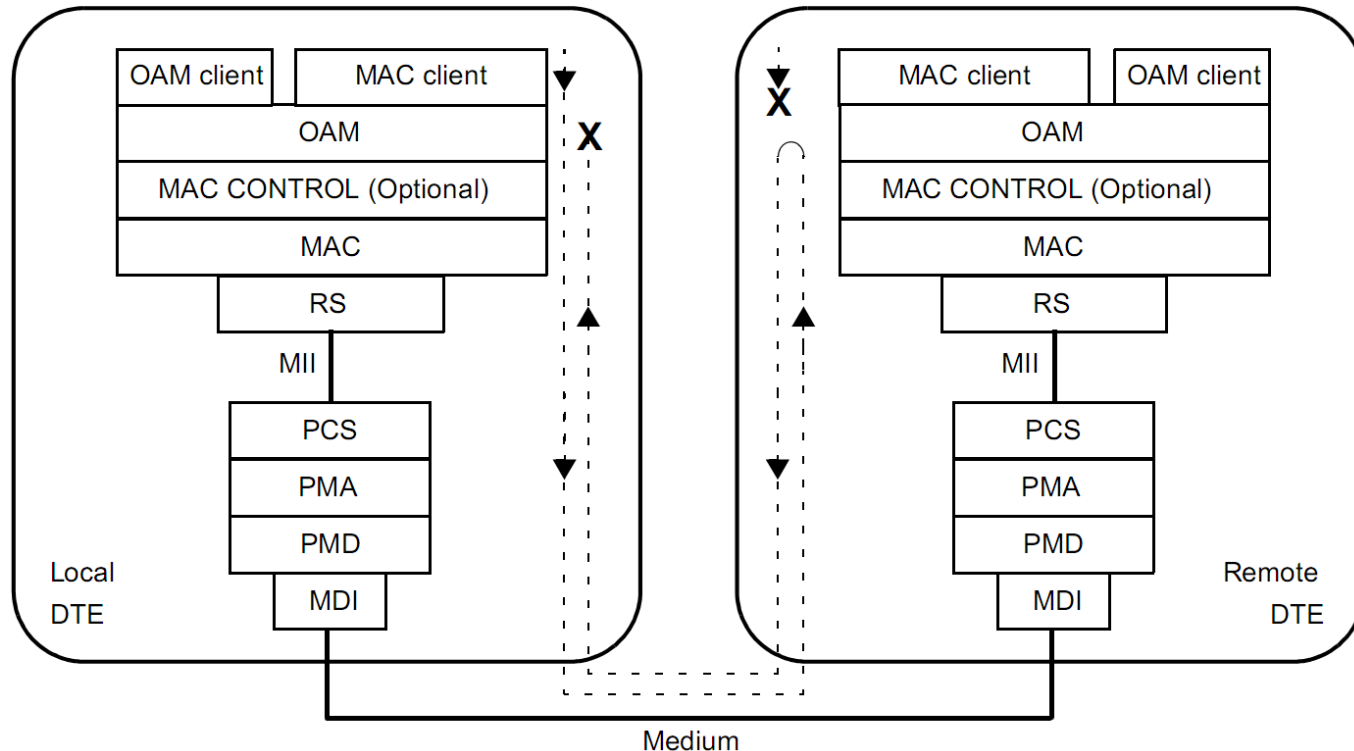
Иное критическое событие, не приводящее к переходу устройства в состояние «operational down»

## Некритические события:

- **Errored Symbol Period**  
Количество ошибочных символов за установленный временной интервал превысило допустимый порог
- **Errored Frame**  
Количество ошибочных фреймов за установленный временной интервал превысило допустимый порог
- **Errored Frame Period**  
Количество ошибочных фреймов в заданном объеме информации превысило допустимый порог
- **Errored Frame Seconds Summary**  
Количество секунд, в течение которых был детектирован хотя бы один ошибочным фрейм, превысило допустимый порог за установленный временной интервал



# Remote loopback



## Режим диагностики соединения «Remote loopback»:

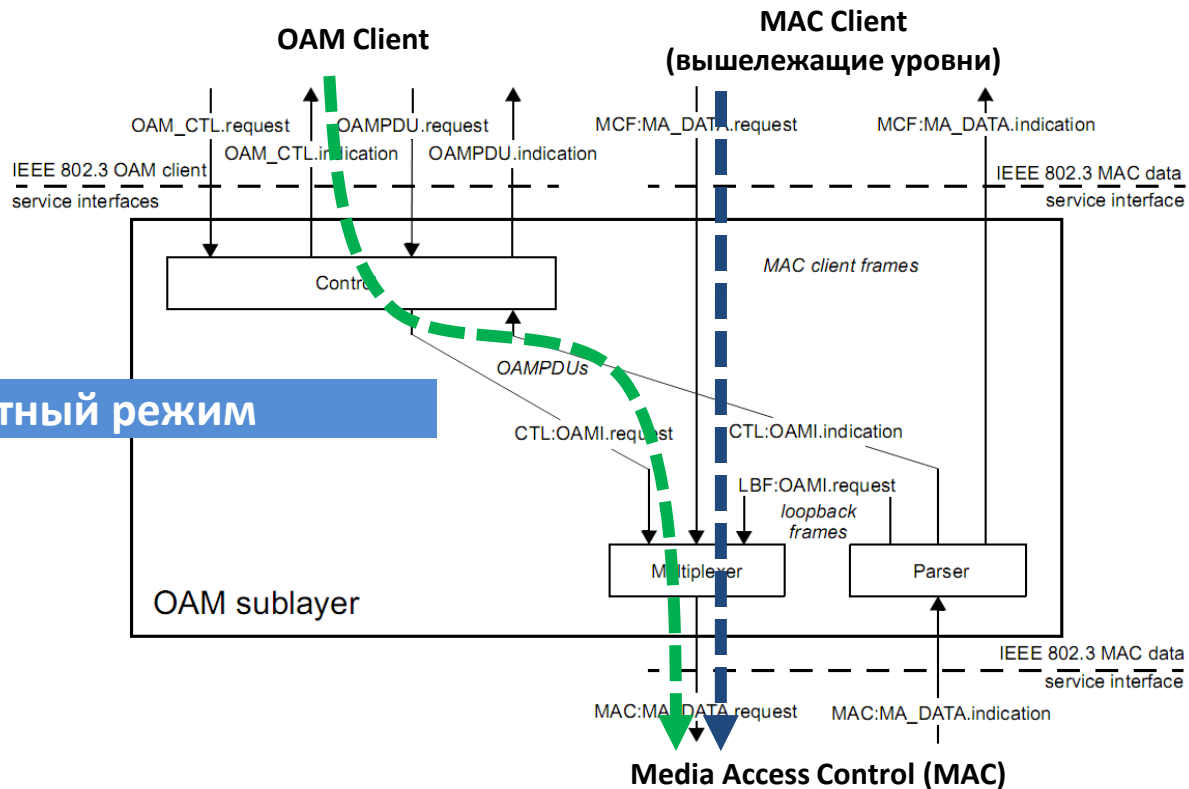
- Иницируется локальным устройством в режиме Active DTE по отношению к удаленному устройству в режиме Passive или Active DTE
- Все отправленные локальным устройством фреймы, Remote DTE возвращает в обратном направлении (за исключением OAMPDU)

# Remote loopback

Анализируя возвращающиеся данные, Local DTE делает выводы о характеристиках соединения, таких как:

- Пропускная способность
- Коэффициент потери фреймов
- Задержка

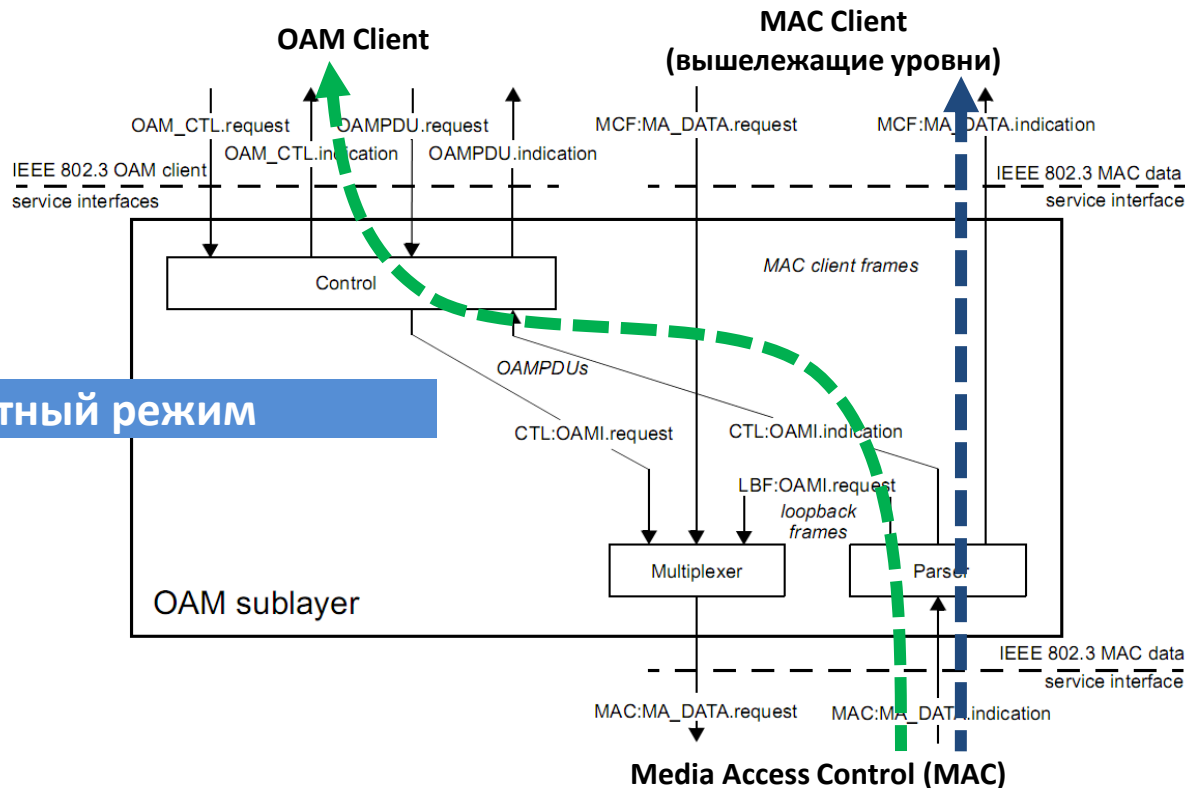
# Как функционирует подуровень OAM?



Штатный режим

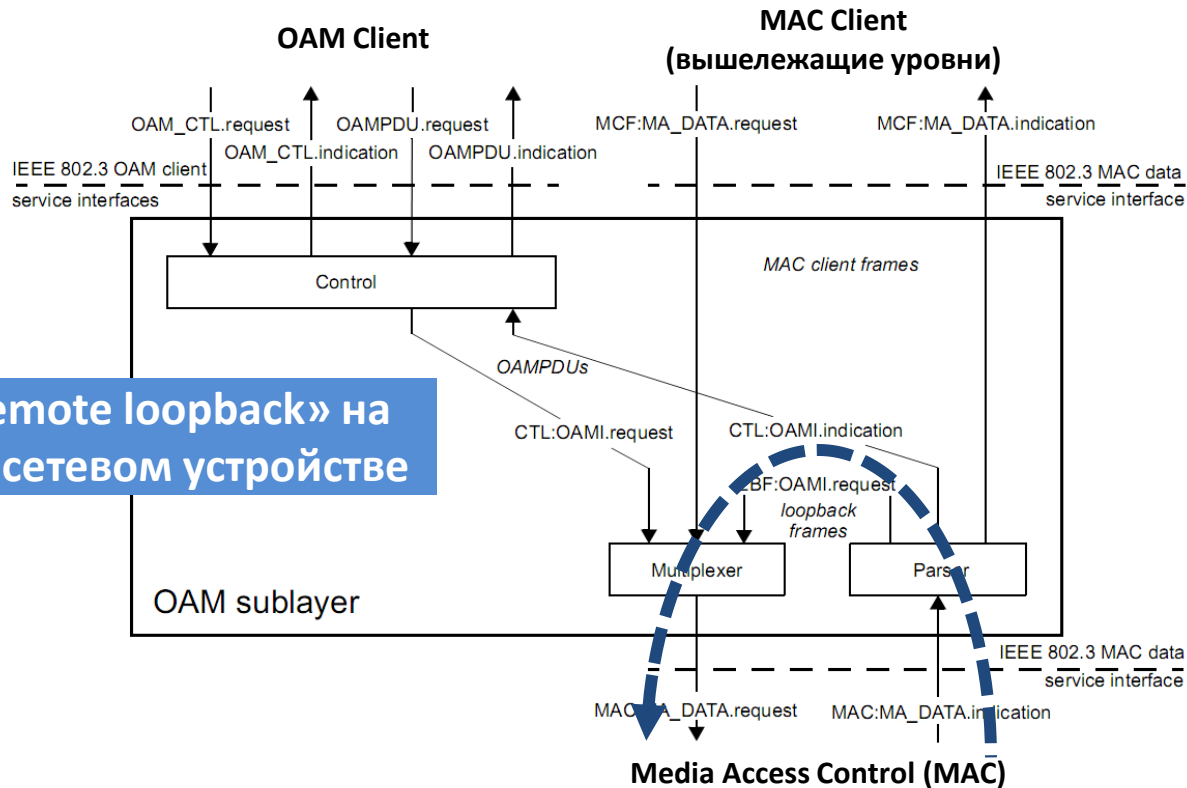
- PDU, поступающие с вышележащих уровней, мультиплексируются вместе с OAMPDU и отправляются на уровень MAC

# Как функционирует подуровень OAM?



- Фреймы OAMPDU, поступающие с уровня MAC, выделяются и отправляются в направлении OAM Client
- Фреймы non-OAMPDU, поступающие с уровня MAC, выделяются и отправляются на вышележащие уровни

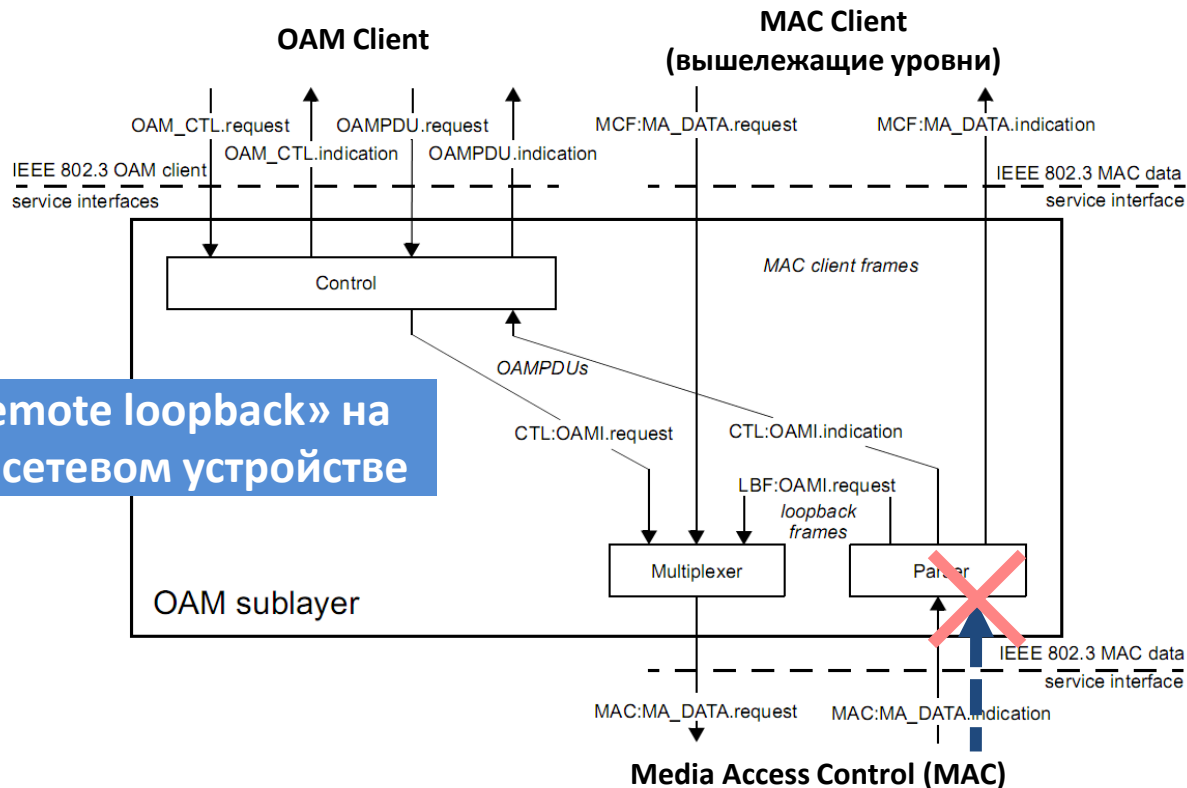
# Как функционирует подуровень OAM?



Режим «Remote loopback» на удаленном сетевом устройстве

- Фреймы non-OAMPDU, поступающие с уровня MAC, отправляются обратно на уровень MAC без внесения изменений

# Как функционирует подуровень OAM?



Режим «Remote loopback» на локальном сетевом устройстве

- Фреймы non-OAMPDU, поступающие с уровня MAC, учитываются при статистическом анализе на подуровне OAM, после чего отбрасываются

# Выводы и практическое применение

- В большинстве имплементаций стандарт 802.3 OAM применяется на участке между оборудованием провайдера (PE) и оборудованием клиента (CE)
- 802.3 OAM способен информировать оборудование PE об аварийном или плановом отключении устройства CE
- 802.3 OAM способен оповещать оборудование PE о превышении порога ошибок для соединения PE-CE
- 802.3 OAM позволяет производить тестирование характеристик соединения PE-CE на предмет соответствия договору
- 802.3 OAM не обладает механизмами, позволяющими восстановить соединение после отказа
- Оповещение NMS в случае сбоя может осуществляться устройством PE напрямую или путем передачи информации о сбое другому протоколу OAM (например, 802.1ag)

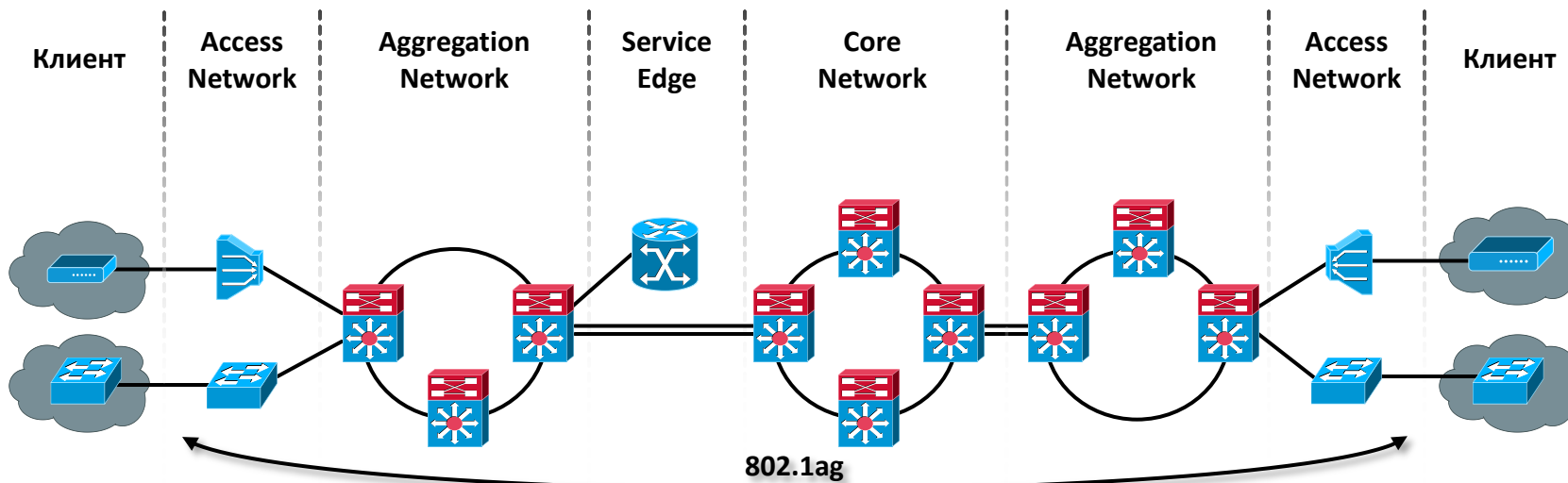
**IEEE 802.1ag**

Connectivity Fault Management (CFM)

***SOLIDEX***

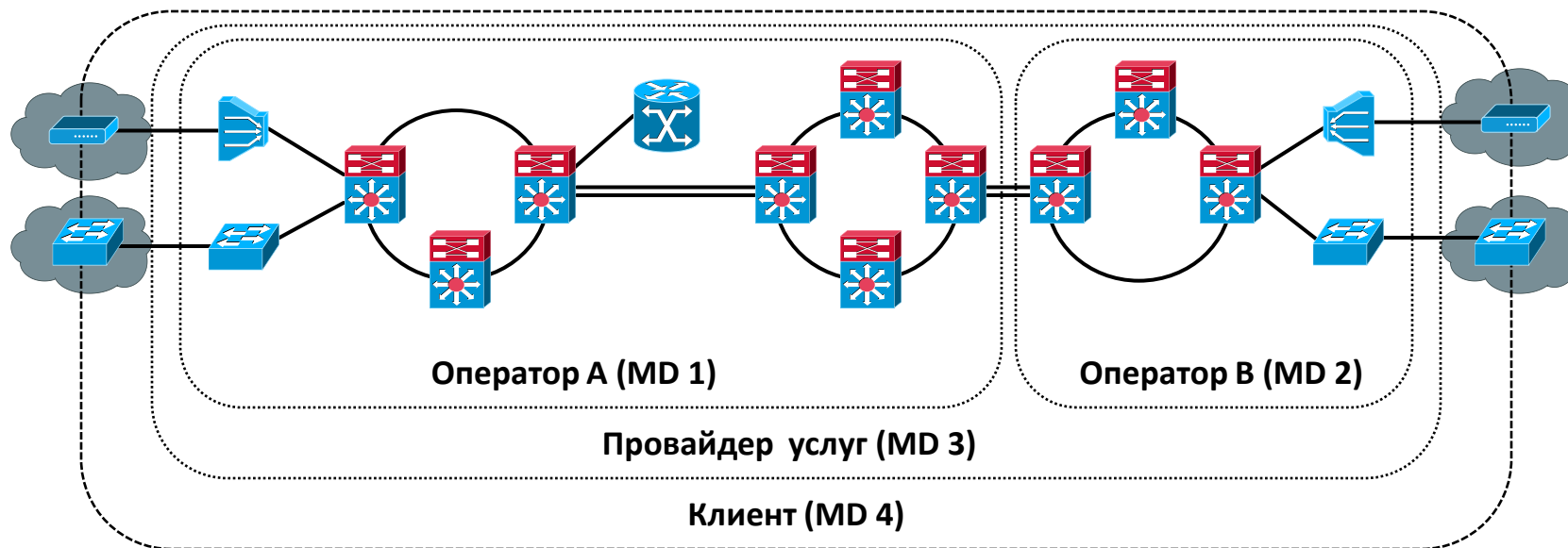


# Для чего нужен 802.1ag?



1. Для управления отказами end-to-end
2. Для управления отказами в разрезе по предоставляемым сервисам

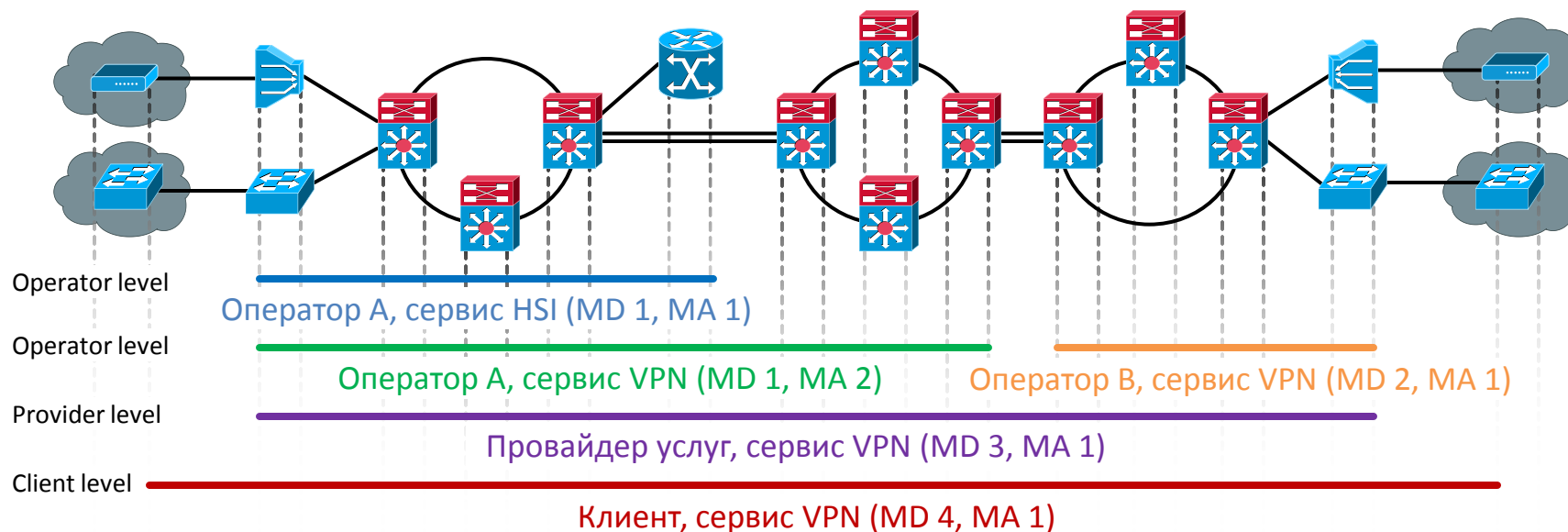
# Основные понятия 802.1ag



## Maintenance Domain (MD, обслуживаемый домен):

- Участок сети под контролем отдельного оператора, провайдера услуг или клиента
- Обслуживаемые домены могут соприкасаться друг с другом или включать субдомены, но не могут пересекаться

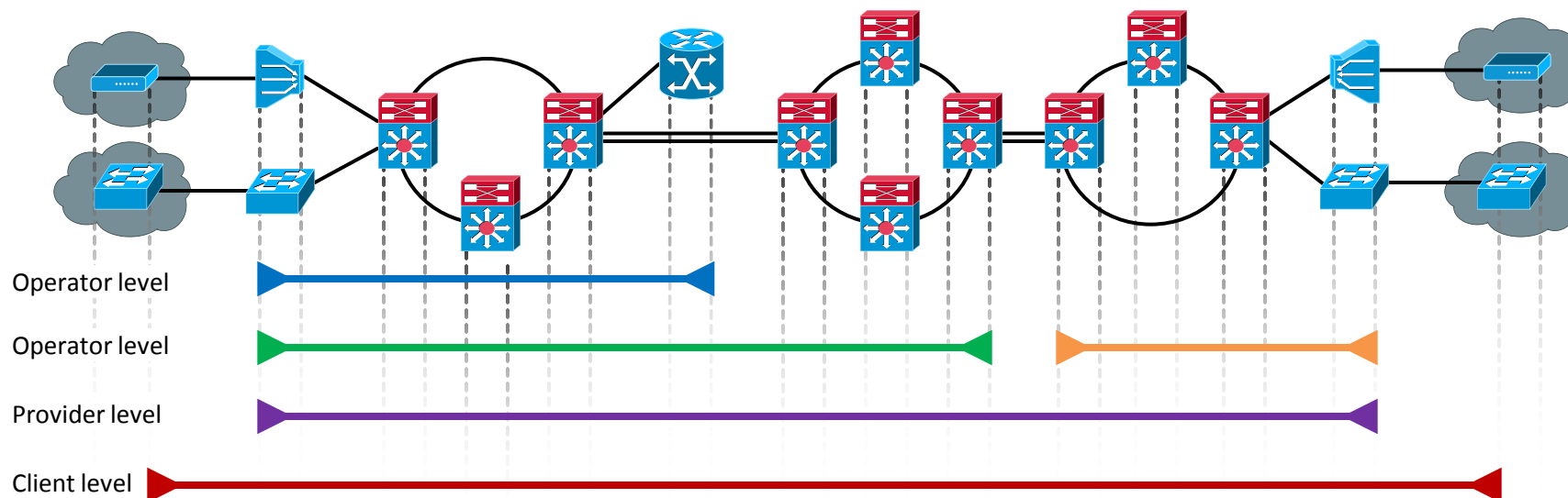
# Основные понятия 802.1ag



## Maintenance Association (MA):

- MA определяет принадлежащий домену MD сервис, для которого осуществляется управление отказами
- Одному домену может принадлежать несколько MA
- Для одного end-to-end сервиса в каждом домене будет своя MA

# Основные понятия 802.1ag

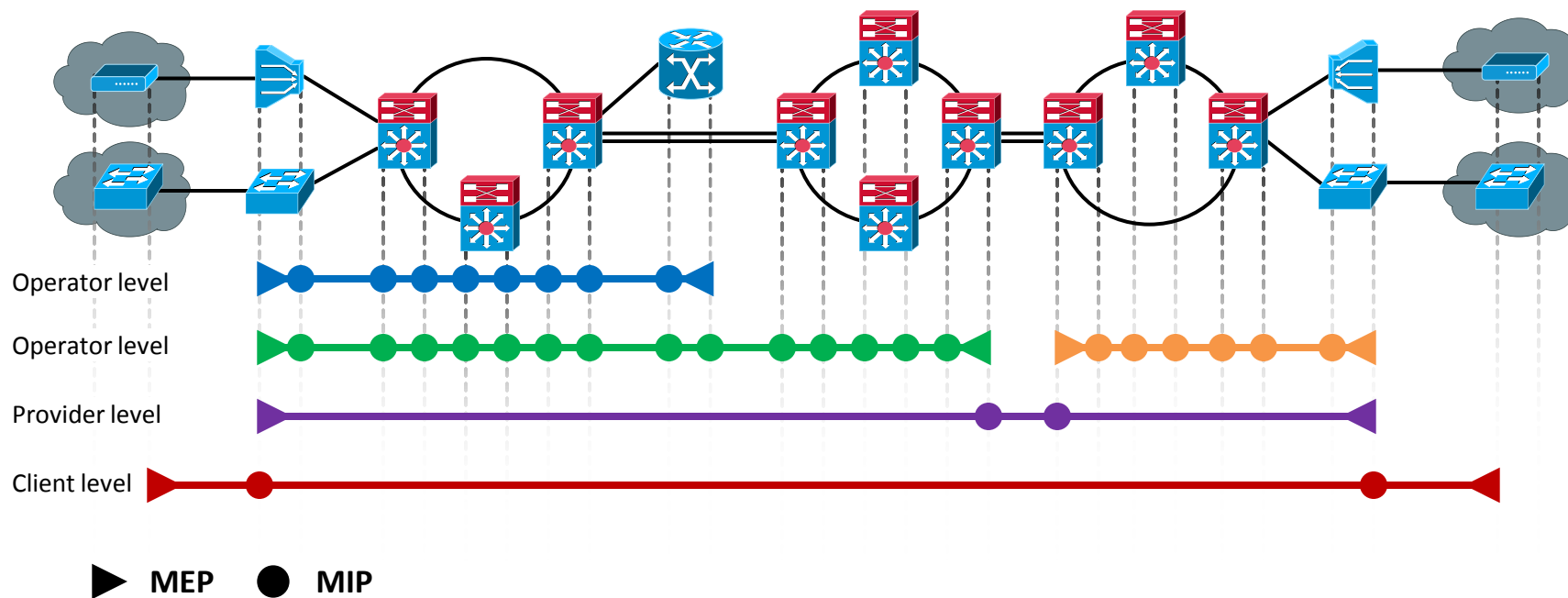


## ► MEP

### Maintenance association End Point (MEP):

- Точки MEP определяют границы МА
- Между двумя точками MEP осуществляется управление отказами
- MEP генерирует и принимает CFM PDU

# Основные понятия 802.1ag



## Maintenance association Intermediate Point (MIP):

- Промежуточные точки MIP определяют маршрут между точками MEP
- Точки MIP задействуются в процессе локализации отказавшего участка между двумя точками MEP
- MIP имеет возможность отвечать на CFM PDU

## 1. Path discovery

Определение маршрута между несмежными сетевыми устройствами (точками MIP и/или MEP)

## 2. Fault detection

Детектирование нарушения связности или наличия непредусмотренной связности между несмежными сетевыми устройствами (точками MEP)

## 3. Fault verification and isolation (localization)

Верификация факта нарушения связности и определение отказавшего участка

## 4. Fault notification

Оповещение о нарушении связности

Для реализации описанных функций 802.1ag имеет следующие механизмы:

## 1. Continuity Check

Для обеспечения функции **Fault detection**

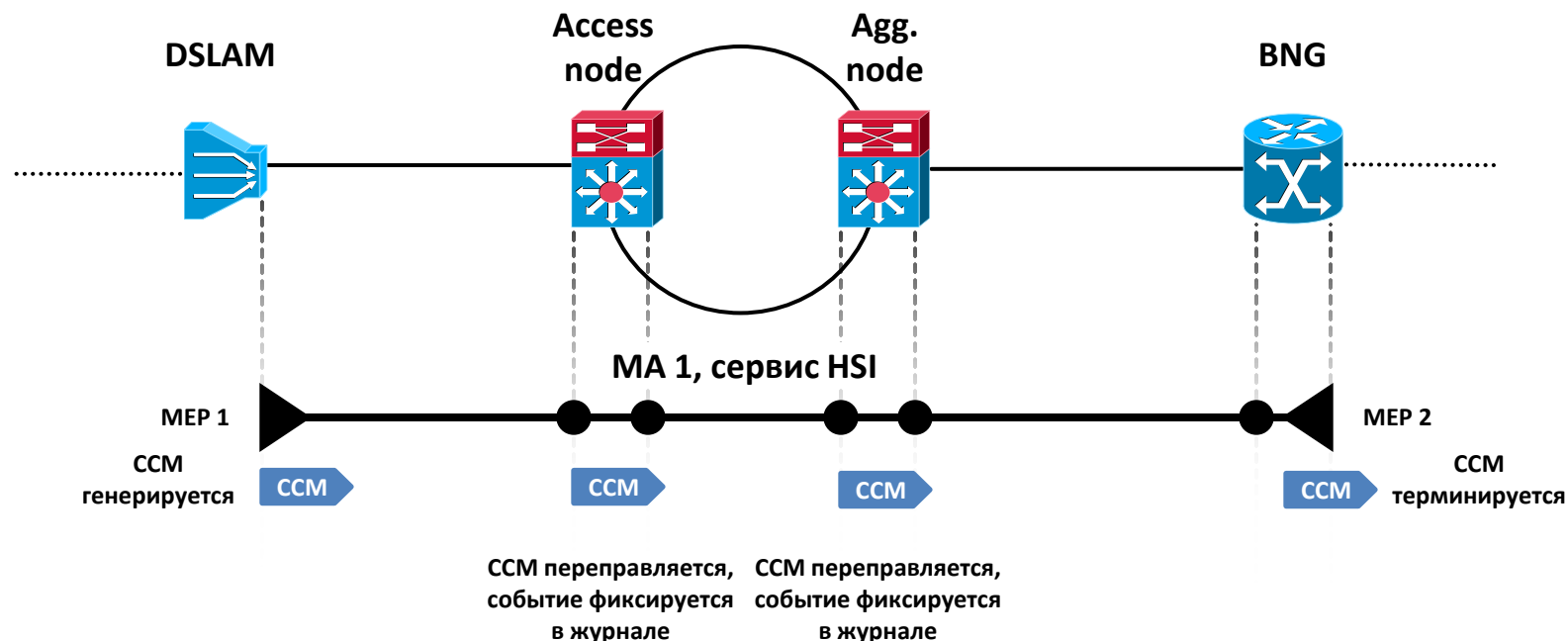
## 2. Loopback

Для обеспечения функции **Fault verification**

## 3. Linktrace

Для обеспечения функций **Path discovery** и **Fault isolation**

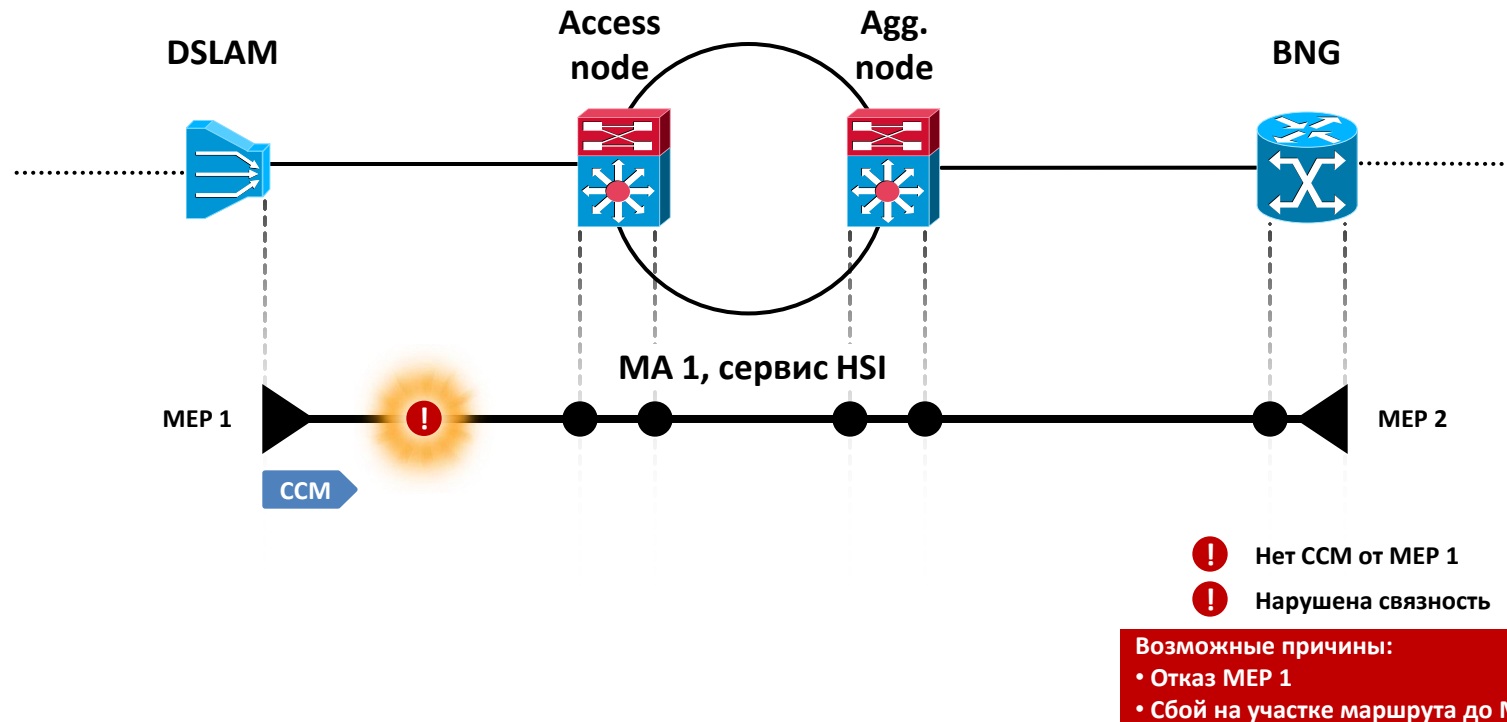
# Continuity check



- CCM = Continuity Check Message
- CCM однонаправлены и не требуют ответа
- Используются адреса multicast (различные для каждого уровня MD)
- Интервал следования: от 3,33 мс. до 10 минут
- CCM несут информацию в формате TLV о состоянии интерфейса MEP

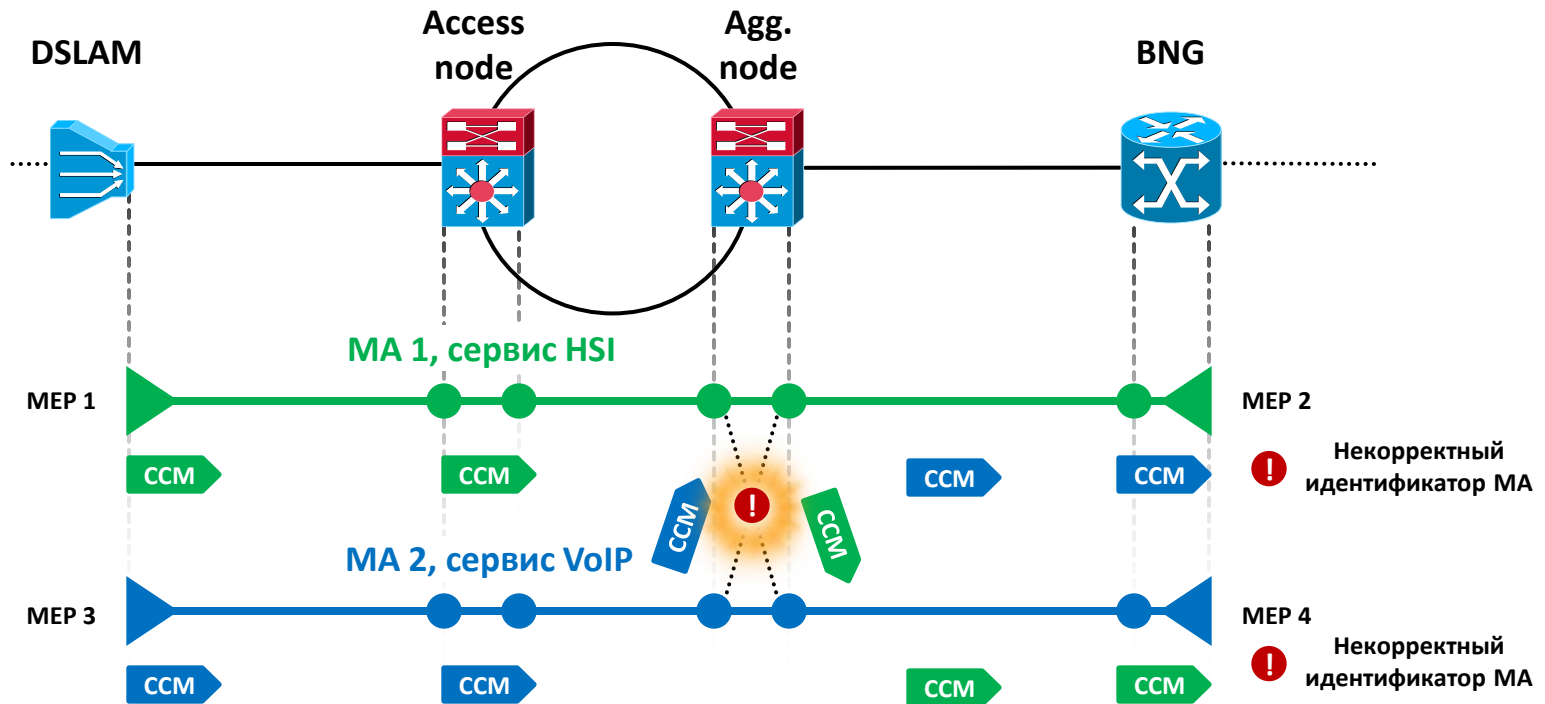


# Пример 1



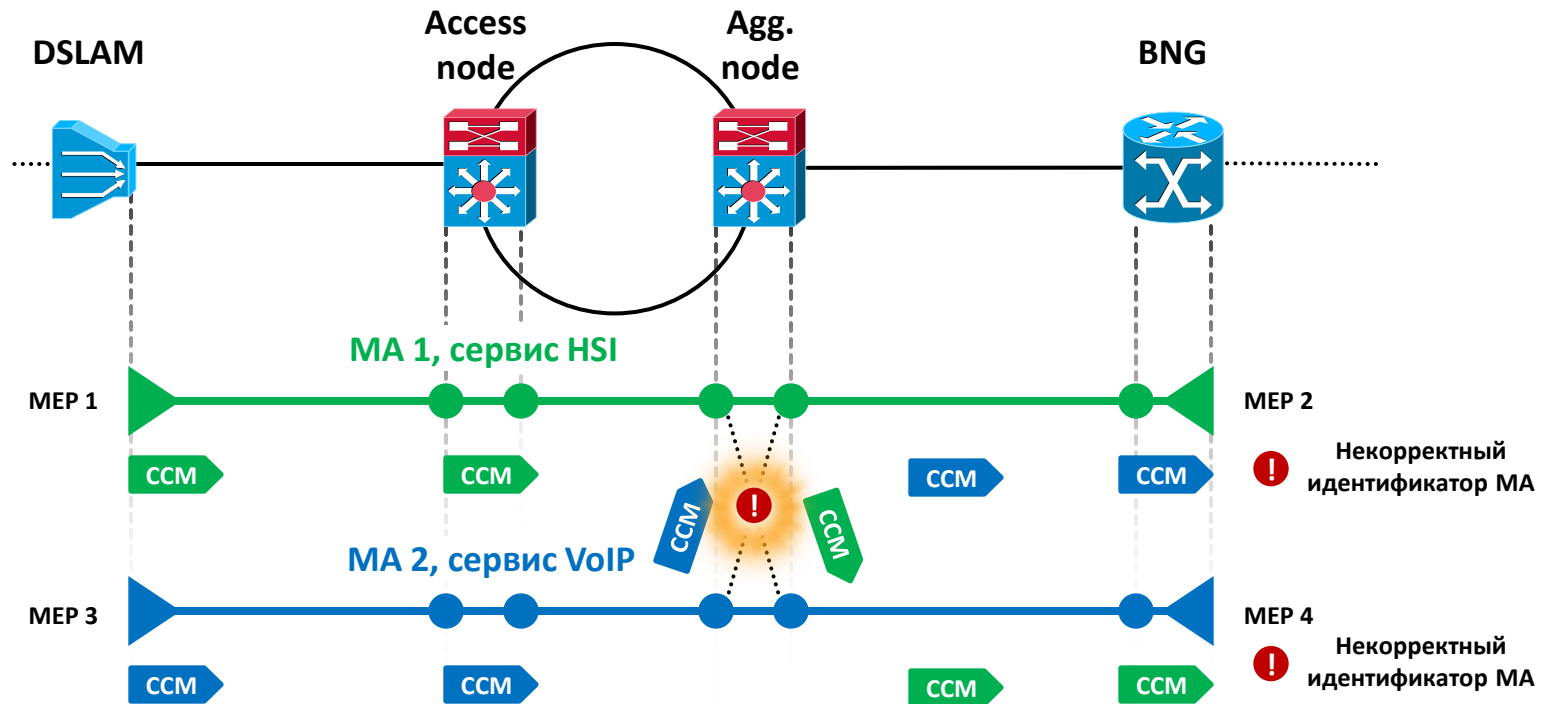
1. Отказ соединения между DSLAM и Access Node
2. MEP 2 не получает сообщений CCM от MEP 1 в течение заданного интервала времени (три интервала следования сообщения CCM)
3. MEP 2 делает вывод о нарушении связности в домене MA 1, определяющем услугу HSI

# Пример 2



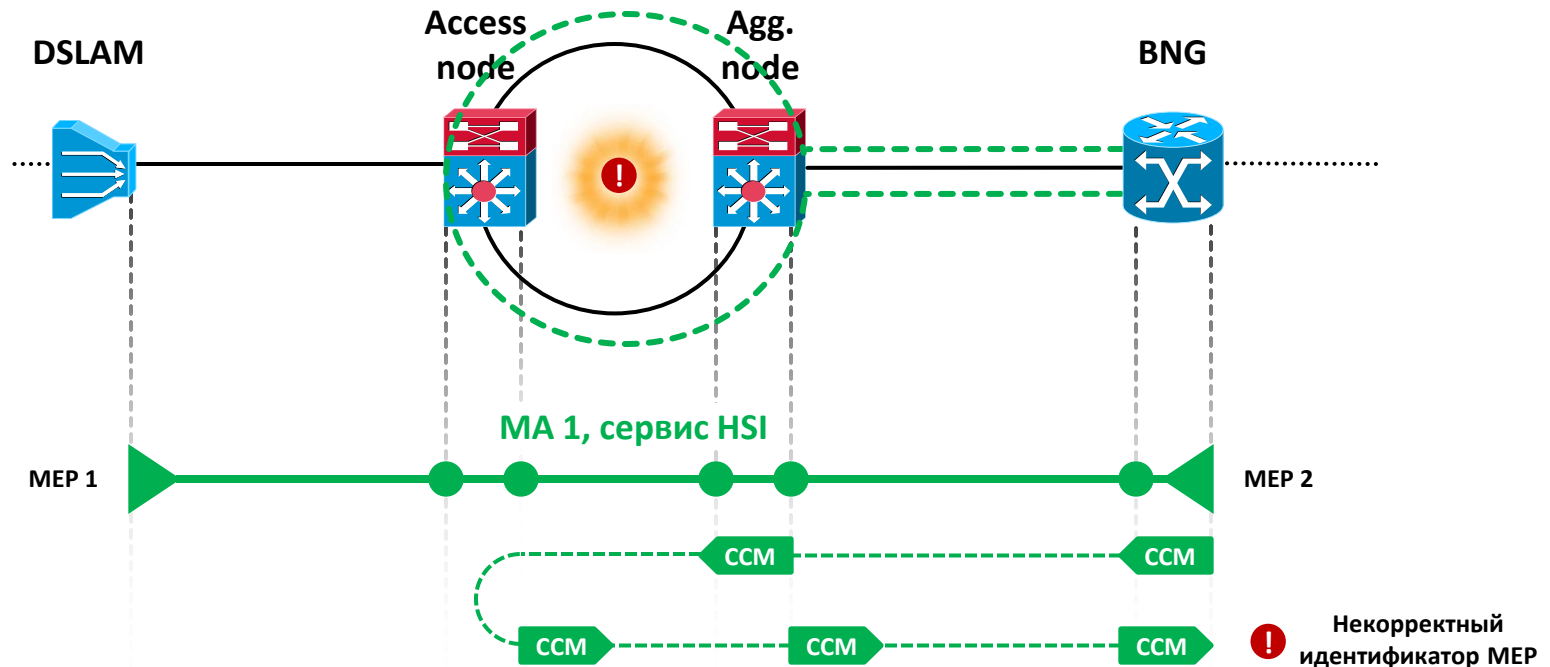
1. Ошибка конфигурации привела к возникновению непреднамеренной связности между VLAN HSI и VLAN VoIP
2. MEP 1 и MEP 3 начинают получать сообщения CCM с некорректным идентификатором MA

# Пример 2



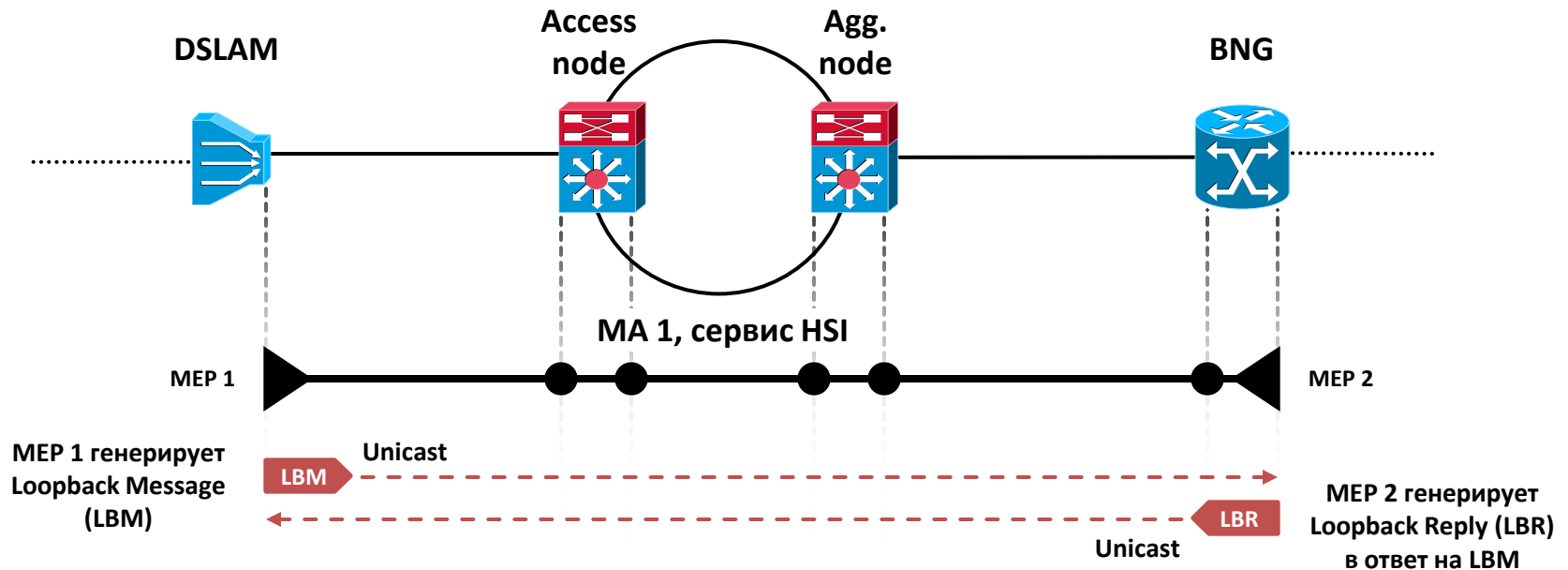
3. MEP 1 и MEP 3 детектируют факт функционирования сети в штатном режиме и делают вывод о возможных причинах:
- Наличие непреднамеренной связности между VLAN
  - Ошибка настройки идентификаторов MA

# Пример 3



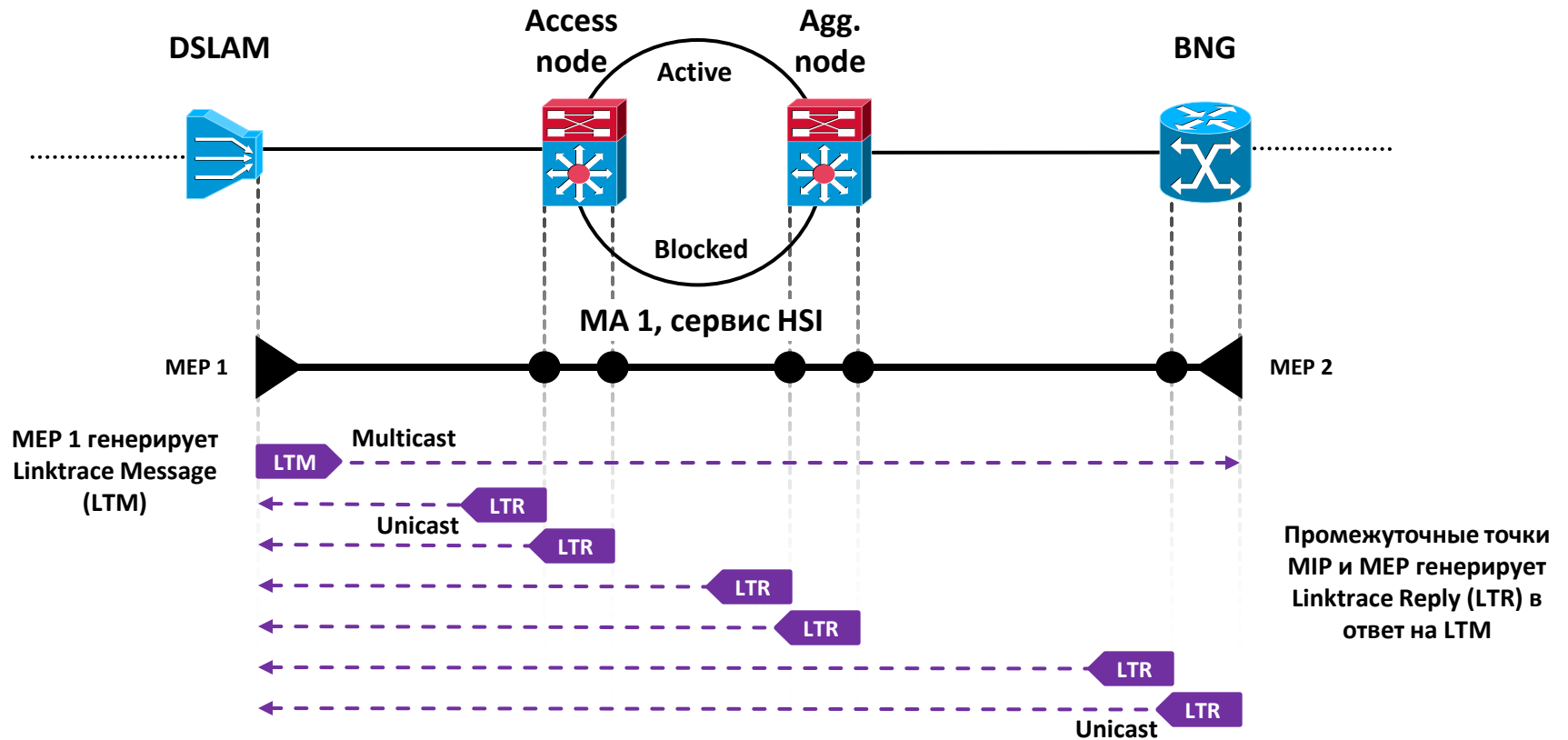
1. Ошибка конфигурации привела к возникновению петли в VLAN HSI
2. MEP 2 начинает получать сообщения CCM со своим же идентификатором MEP
3. MEP 2 детектирует факт функционирования сети в нештатном режиме и делает вывод о существовании петли в VLAN HSI

# Loopback



- Механизм для реализации функций Fault verification
- Инициатором LBM может являться только MEP
- В качестве отвечающего устройства может выступать как MEP так и MIP при условии принадлежности к одному домену MA
- Альтернативное название - **Ethernet ping**

# Linktrace



- Механизм для реализации функции Path discovery и Fault isolation
- Инициатором LTM может выступать только MEP
- Альтернативное название - Ethernet Traceroute

# Что на практике?

## Как осуществляется оповещение о сбоях?

- Сообщение о сбое генерируется точкой MEP в тот момент, когда механизм Continuity Check детектирует отказ
- Сообщение может быть отправлено в сторону системы NMS (SNMP или Syslog)

## Кто и когда запускает Loopback и Linktrace?

- Согласно 802.1ag, задача инициировать Loopback и Linktrace ложится на плечи администратора или системы управления NMS
- Механизмы Loopback и Linktrace целесообразно запускать после получения оповещения о сбое

## Как происходит Fault recovery?

- NMS, получив сообщение о сбое, проверив и локализовав отказавший участок, может принять меры по восстановлению связности в автоматическом режиме - **это вариант, к которому следует стремиться.**

# ITU-T Y.1731

OAM functions and mechanisms for Ethernet networks

***SOLIDEX***



## Управление отказами:

- Fault detection
- Fault verification
- Fault localization
- Fault notification

Унифицировано  
с 802.1ag

## Мониторинг функционирования:

- Определение параметров производительности маршрута:
  - Коэффициент потери фреймов
  - Задержка
  - Вариация задержки
  - Пропускная способность

Исключительно  
функции Y.1731

Для реализации описанных функций Y.1731 имеет следующие механизмы:

## 1. Continuity Check

Для обеспечения функции **Fault detection**

## 2. Loopback

Для обеспечения функции **Fault verification**

## 3. Linktrace

Для обеспечения функции **Fault localization**

## 4. Alarm indication signal

Для дифференциации сбоев на разных уровнях (клиент/оператор)

## 5. Frame loss/delay measurement, Test signal

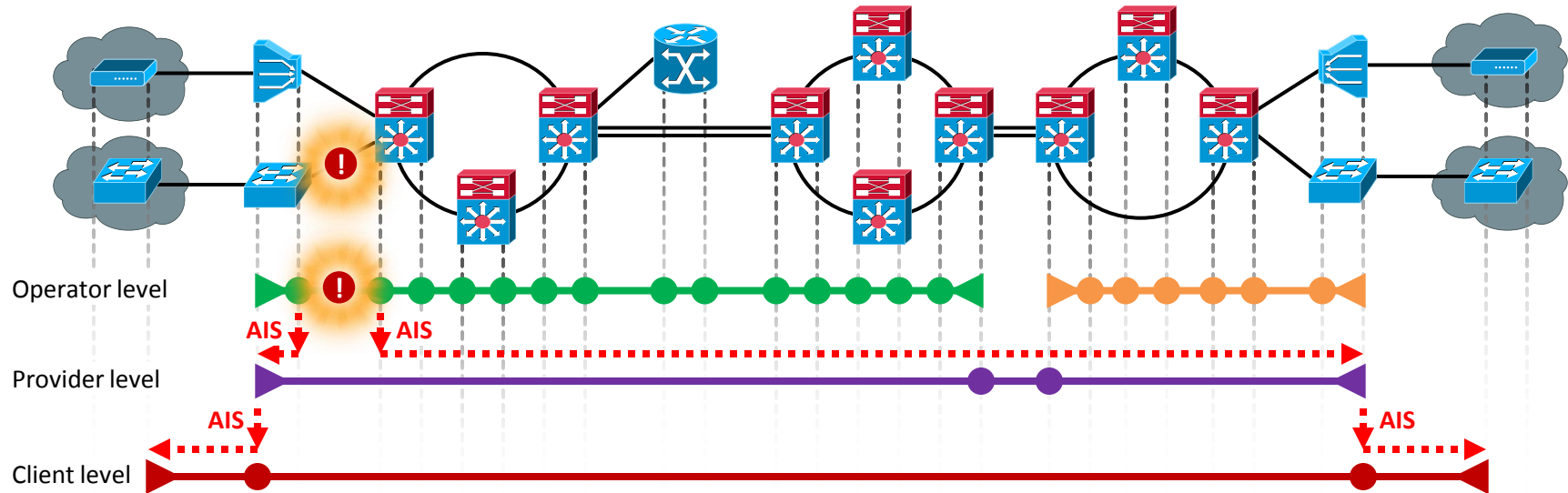
Для реализации функций по определению параметров производительности маршрута

# Механизмы Y.1731

Механизмы **Continuity check**, **Loopback** и **Linktrace** аналогичны одноименным механизмам, описанным в стандарте 802.1ag.

Механизмы **Alarm indication signal**, **Frame loss/delay measurement** и **Test signal** определены только в стандарте Y.1731 и отсутствуют в стандарте 802.1ag.

# Alarm indication signal



На уровне клиента механизм Continuity check детектирует отказ, но оповещения о сбое не генерируются. Их функцию выполняют сообщения AIS, сигнализирующие о сбое на нижележащем, операторском уровне.

## Alarm indication signal:

- Подавляет генерирование на уровне клиента оповещения о сбое, который возник на уровне оператора;
- В то же время дает возможность клиенту осуществлять мониторинг доступности предоставляемой услуги;

# Выводы и рекомендации

Стандарт Y.1731 во многом унифицирован с 802.1ag, однако обладает рядом усовершенствований, например:

- Позволяет осуществлять мониторинг производительности маршрута
- Имеет возможность подавлять сообщения о сбоях, возникших в результате отказов на нижележащих уровнях

При выборе стандарта, отдавать предпочтение Y.1731 необходимо в том случае, когда помимо управления отказами имеется необходимость осуществлять мониторинг производительности маршрута.

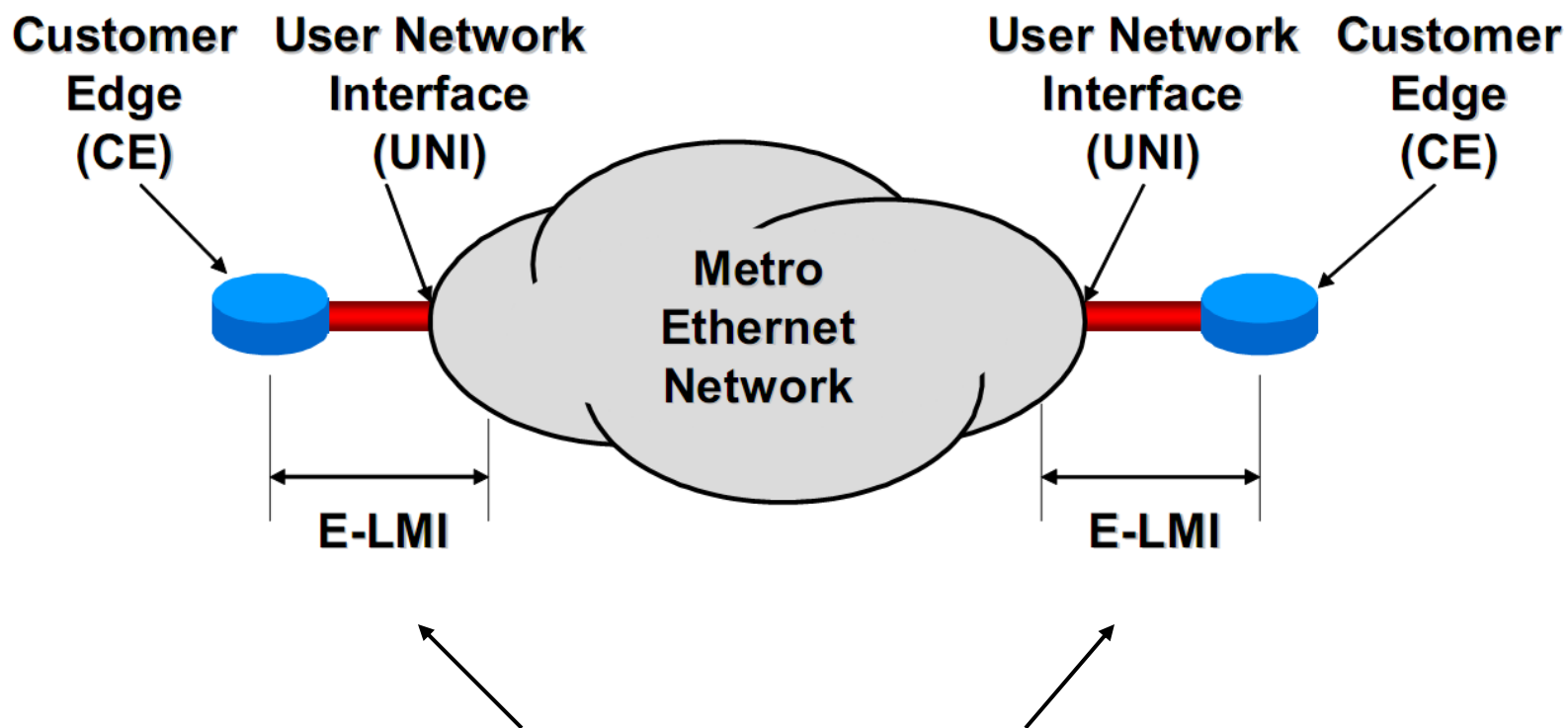
В противном случае, выбор между стандартами OAM может быть продиктован поддержкой одного из них существующим оборудованием или большей распространенностью стандарта 802.1ag.

# MEF E-LMI

Ethernet Local Management Interface

***SOLIDEX***

# Область применения E-LMI



E-LMI применяется для управления отказами и конфигурацией на участках между оборудованием клиента (CE) и оборудованием провайдера (PE).

## Управление конфигурацией:

1. Оповещение CE о создании EVC\*
2. Оповещение CE об удалении EVC
3. Информирование CE о параметрах UNI и EVC

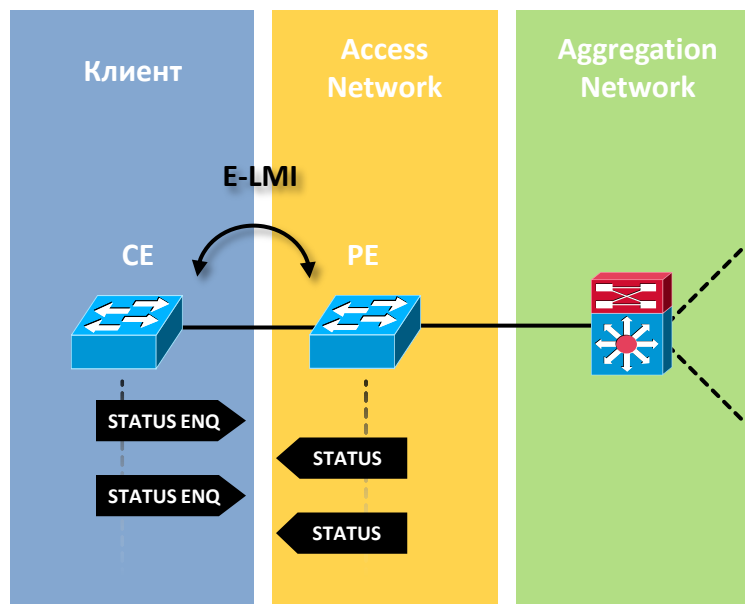
## Управление отказами:

4. Оповещение CE о статусе EVC

\* EVC = Ethernet Virtual Circuit (C-VLAN или S-VLAN)



# Сообщения E-LMI



- Модель: «запрос-ответ», CE выступает инициатором запросов
- Сообщение E-LMI инкапсулируется в нетегированный Ethernet-фрейм
- Адрес назначения: 01:80:C2:00:00:07
- Ethertype: 88EE
- Интервал сообщений: 5-30 секунд (10 по умолчанию)

Устройство провайдера информирует клиентское оборудование о состоянии соединения EVC, которое может иметь статус:

- **New**
- **Active**
- **Not Active**
- **Partially active\***

\* Хотя бы один из интерфейсов, принадлежащих Multipoint EVC имеет статус «Not Active»

## Что происходит когда статус EVC меняется на «Not Active»?

- Устройство PE информирует CE не дожидаясь очередного «Status ENQ»
- Устройство CE прекращает обрабатывать трафик, принадлежащий EVC
- Иные действия могут быть реализованы на усмотрение производителя оборудования

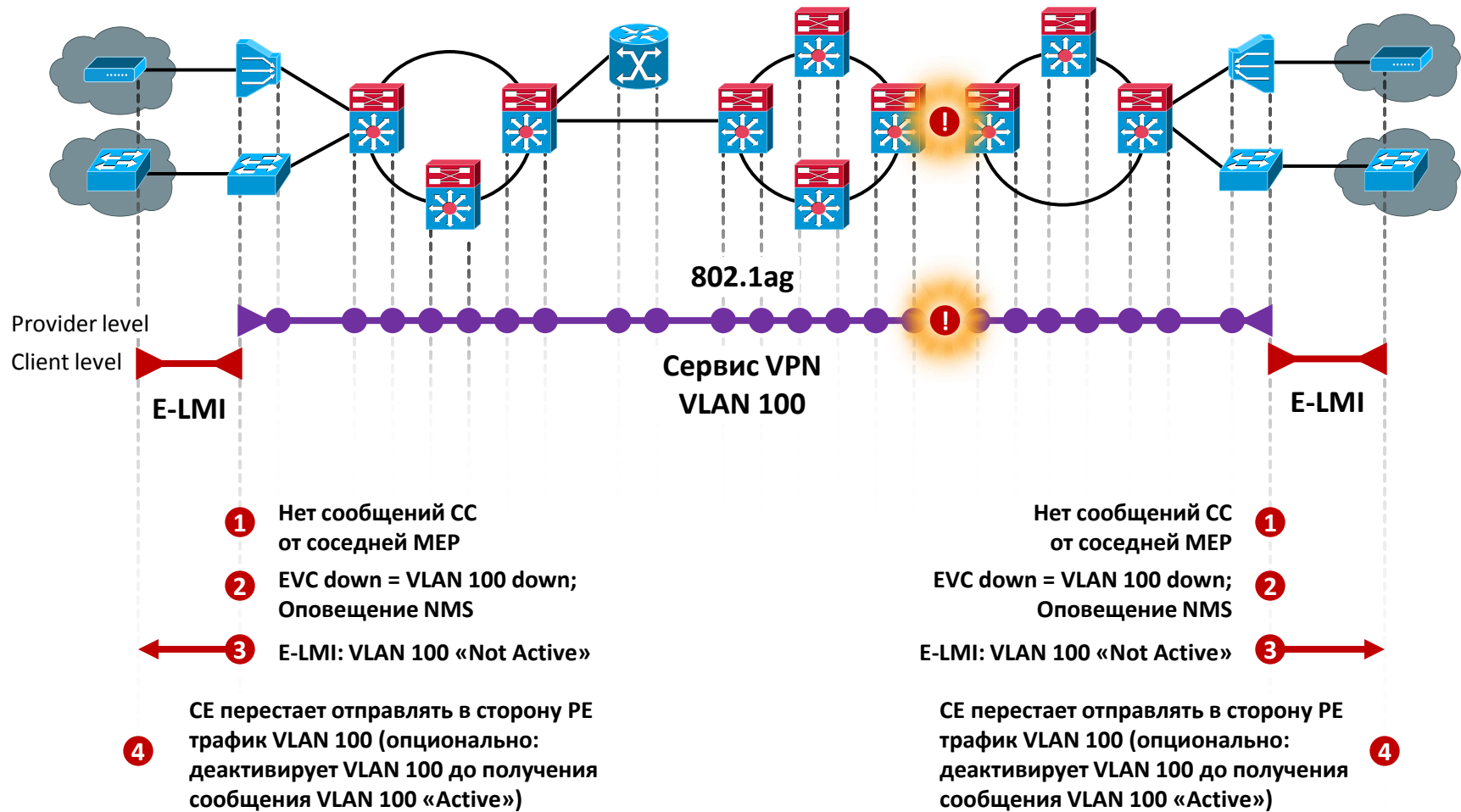
## Что происходит когда на PE создается или удаляется EVC?

- PE информирует CE в очередном сообщении «Status» о создании или удалении EVC и передает параметры соединения в виде TLV
- В соответствии со стандартом, CE должен использовать полученную от PE информацию о соединении EVC для осуществления автоконфигурации

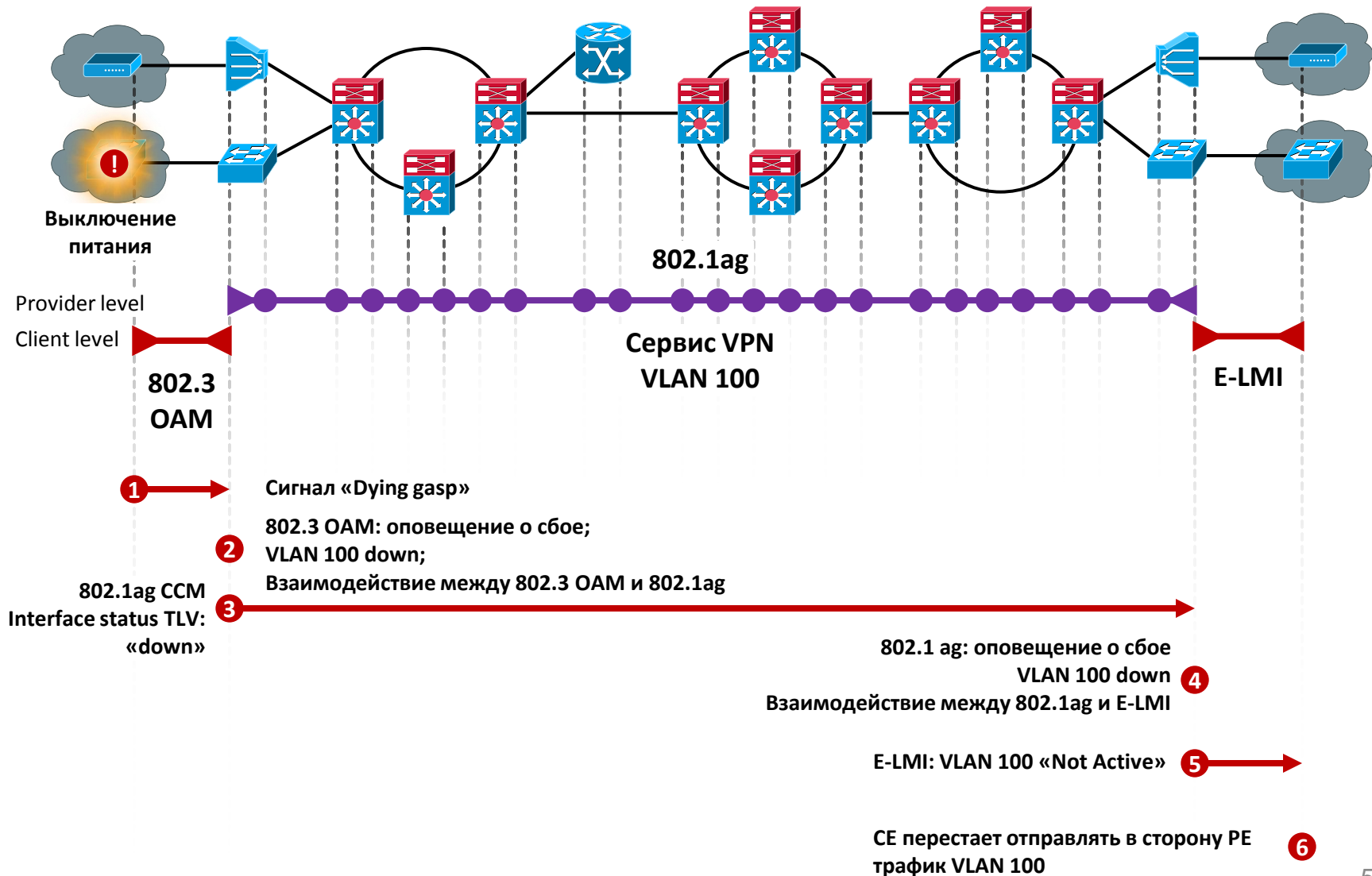
# Сценарии взаимодействия стандартов EOAM

***SOLIDEX***

# Сценарий 1



# Сценарий 2





**SOLIDEX<sup>®</sup> PI**

**Internetworking Solutions**