

МСЭ-Т

G.8013/Y.1731

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

(08/2015)

**СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ**

Аспекты передачи пакетов по транспортным сетям –
Аспекты, касающиеся Ethernet поверх транспортного
уровня

**СЕРИЯ Y: ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА
ИНТЕРНЕТ И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ**

Аспекты протокола Интернет – Эксплуатация,
управление и техническое обслуживание

**Функции и механизмы эксплуатации,
управления и технического обслуживания
(OAM) для сетей на базе Ethernet**

Рекомендация МСЭ-Т G.8013/Y.1731

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G
СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СИСТЕМ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
Аспекты, касающиеся Ethernet поверх транспортного уровня	G.8000–G.8099
MPLS и аспекты транспортирования сообщений	G.8100–G.8199
Целевые параметры синхронизации, качества и готовности	G.8200–G.8299
Управление обслуживанием	G.8600–G.8699
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т G.8013/Y.1731

Функции и механизмы эксплуатации, управления и технического обслуживания (ОАМ) для сетей на базе Ethernet

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.8013/Y.1731 описываются механизмы выполнения функций ОАМ в плоскости пользователя в сетях Ethernet в соответствии с требованиями и принципами, перечисленными в Рекомендации МСЭ-Т Y.1730. Настоящая Рекомендация разработана специально для обеспечения соединений из пункта в пункт и многопунктовых соединений на уровне ЕТН, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.8010/Y.1306.

Механизмы ОАМ, определенные в настоящей Рекомендации, дают возможность эксплуатировать и обслуживать сеть и сервисные аспекты уровня ЕТН.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т Y.1731	22.05.2006 г.	13-я	11.1002/1000/7192
2.0	МСЭ-Т Y.1731	29.02.2008 г.	13-я	11.1002/1000/9347
2.1	МСЭ-Т Y.1731 (2008 г.) Попр. 1	29.07.2010 г.	15-я	11.1002/1000/10925
3.0	МСЭ-Т G.8013/Y.1731	22.07.2011 г.	15-я	11.1002/1000/11136
3.1	МСЭ-Т G.8013/Y.1731 (2011 г.) Испр. 1	29.10.2011 г.	15-я	11.1002/1000/11418
3.2	МСЭ-Т G.8013/Y.1731 (2011 г.) Попр. 1	07.05.2012 г.	15-я	11.1002/1000/11511
4.0	МСЭ-Т G.8013/Y.1731	06.11.2013 г.	15-я	11.1002/1000/12029
4.1	МСЭ-Т G.8013/Y.1731 (2013 г.) Попр. 1	22.02.2015 г.	15-я	11.1002/1000/12381
5.0	МСЭ-Т G.8013/Y.1731	13.08.2015 г.	15-я	11.1002/1000/12552

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL <http://handle.itu.int/>, после которого следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним в целях стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые в свою очередь вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "обязан" (shall) или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "должен" (must), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2017

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1	Сфера применения 1
2	Справочные документы 1
3	Определения 2
3.1	Термины, определенные в других документах..... 2
3.2	Термины, определенные в настоящей Рекомендации 4
4	Сокращения и акронимы 4
5	Условные обозначения 6
5.1	Группа объектов обслуживания (MEG) 6
5.2	Точка, определяющая параметры трафика (TrCP) 7
5.3	Уровень группы объектов обслуживания 7
5.4	Прозрачность ОАМ..... 7
5.5	Представление байтов..... 8
6	Взаимосвязи ОАМ..... 8
6.1	Взаимосвязь ME, MEP, MIP и TrCP 8
6.2	Взаимосвязь между ME, MEG и уровнем MEG 8
6.3	Конфигурация промежуточных и конечных точек MEG 10
7	Функции ОАМ по устранению неисправностей 10
7.1	Проверка целостности сети Ethernet (ETH-CC)..... 10
7.2	Проверка Ethernet по шлейфу (ETH-LB)..... 12
7.3	Трассировка линий Ethernet (ETH-LT)..... 15
7.4	Сигнал индикации аварии Ethernet (ETH-AIS)..... 18
7.5	Индикация ошибок на удаленном конце Ethernet (ETH-RDI) 19
7.6	Блокированный сигнал Ethernet (ETH-LCK) 20
7.7	Испытательный сигнал Ethernet (ETH-Test) 21
7.8	Автоматическое защитное переключение Ethernet (ETH-APS)..... 23
7.9	Канал связи для обслуживания Ethernet (ETH-MCC)..... 23
7.10	Экспериментальные функции ОАМ для Ethernet (ETH-EXP) 23
7.11	Функции ОАМ, определяемые поставщиком (ETH-VSP)..... 24
7.12	Функция ошибка сигнала клиента Ethernet (ETH-CSF)..... 24
7.13	Уведомление о полосе пропускания Ethernet (ETH-BN)..... 25
7.14	Функция Ethernet ожидаемая ошибка (ETH-ED)..... 27
8	Функции ОАМ для контроля качества работы 28
8.1	Измерение числа потерянных кадров (ETH-LM) 29
8.2	Измерение времени задержки кадра (ETH-DM)..... 32
8.3	Измерение пропускной способности..... 36
8.4	Измерение синтетических потерь (ETH-SLM) 36
9	Типы протокольных блоков данных (PDU) ОАМ 39
9.1	Общие информационные элементы ОАМ 39
9.2	Протокольный блок данных CCM 42
9.3	Протокольный блок данных (PDU) LBM..... 44

9.4	Протокольный блок данных (PDU) LBR.....	46
9.5	Протокольный блок данных (PDU) LTM.....	47
9.6	Протокольный блок данных (PDU) LTR.....	49
9.7	Протокольный блок данных (PDU) AIS.....	51
9.8	Кадр LCK	52
9.9	Протокольный блок данных (PDU) TST	53
9.10	Протокольный блок данных (PDU) APS	54
9.11	Протокольный блок данных (PDU) MCC	55
9.12	Протокольный блок данных (PDU) LMM.....	56
9.13	Протокольный блок данных (PDU) LMR.....	57
9.14	Протокольный блок данных (PDU) 1DM.....	57
9.15	Протокольный блок данных (PDU) DMM	59
9.16	Протокольный блок данных (PDU) DMR	60
9.17	Протокольный блок данных (PDU) EXM	61
9.18	Протокольный блок данных (PDU) EXR	62
9.19	Протокольный блок данных (PDU) VSM.....	63
9.20	Протокольный блок данных (PDU) VSR.....	64
9.21	Ошибка сигнала клиента (CSF).....	65
9.22	Протокольный блок данных (PDU) SLM	66
9.23	Протокольный блок данных (PDU) SLR	67
9.24	Протокольный блок данных (PDU) 1SL.....	68
9.25	Протокольный блок данных (PDU) BNM	70
9.26	Протокольный блок данных (PDU) EDM	71
10	Кадровые адреса OAM.....	72
10.1	Адреса абонентов многоадресной доставки	72
10.2	CCM.....	73
10.3	LBM	73
10.4	LBR.....	73
10.5	LTM	73
10.6	LTR	73
10.7	AIS	73
10.8	LCK.....	74
10.9	TST.....	74
10.10	APS.....	74
10.11	MCC	74
10.12	LMM	74
10.13	LMR	74
10.14	1DM	74
10.15	DMM.....	74
10.16	DMR.....	74
10.17	EXM.....	74
10.18	EXR.....	74

	Стр.
10.19 VSM	74
10.20 VSR.....	74
10.21 CSF.....	75
10.22 SLM.....	75
10.23 SLR.....	75
10.24 1SL	75
10.25 BNM.....	75
10.26 EDM.....	75
11 Проверка и управление версиями PDU OAM	76
11.1 Передача PDU OAM.....	76
11.2 Проверка PDU OAM при приеме.....	76
11.3 Прием PDU OAM после проверки.....	77
Приложение А Формат ID для MEG	79
А.1 Формат ID MEG на основе ICC.....	80
А.2 Глобальный формат ID MEG на основе CC и ICC.....	80
Приложение В Вопросы функциональной совместимости трассировки линий Ethernet (ETH-LT) согласно [ITU-T Y.1731].....	82
В.1 Трассировка линий Ethernet (ETH-LT) согласно [ITU-T Y.1731].....	82
В.2 Взаимодействие с [ITU-T Y.1731]	82
Дополнение I Сценарии создания сети Ethernet	84
I.1 Пример с совместно используемыми уровнями MEG.....	84
I.2 Пример с независимыми уровнями MEG	85
Дополнение II Измерение числа потерянных кадров	86
II.1 Упрощенные вычисления числа потерянных кадров	87
II.2 Периодичность обнуления счетчика кадров.....	88
Дополнение III Межсетевое взаимодействие сети OAM.....	89
Дополнение IV Ошибочное объединение, обнаружение, ограничение	90
Дополнение V Соответствие терминологии стандарту [IEEE 802.1Q].....	91
Дополнение VI Примеры, демонстрирующие точность измерения ETH-SLM.....	92
Дополнение VII ETH-LM и агрегация линий.....	93
Библиография	96

Введение

МСЭ-Т подготовил Рекомендацию МСЭ-Т G.8013/Y.1731 совместно с проектной группой IEEE 802.1ag (устранение неисправностей соединения). Поскольку в настоящее время работа IEEE завершена, данная Рекомендация содержит поправки для полного согласования окончательных результатов и включения соответствующих нормативных справочных документов в документы IEEE. Кроме того, МСЭ-Т выполнил необходимые действия по уточнению подробностей реализации (то есть спецификации функционирования оборудования).

Рекомендация МСЭ-Т G.8013/Y.1731

Функции и механизмы эксплуатации, управления и технического обслуживания (ОАМ) для сетей на базе Ethernet

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации описываются механизмы, требуемые для эксплуатации и обслуживания сети и сервисных аспектов на уровне ЕТН. В ней также определяются форматы кадра ОАМ в сети Ethernet, синтаксис и семантика полей кадра ОАМ. Механизмы ОАМ, описанные в настоящей Рекомендации, применимы как для ЕТН-соединений из пункта в пункт, так и для многопунктовых ЕТН-соединений, включая как соединения многих пунктов со многими пунктами, так и корневые многопунктовые соединения. Механизмы ОАМ, описанные в настоящей Рекомендации, применимы для любых состояний независимо от того, как управляется уровень ЕТН (например, с применением систем управления сетью и/или с применением систем оперативной поддержки).

Архитектурной основой для настоящей Рекомендации является спецификация Ethernet [ITU-T G.8010], которая учитывает стандарты [IEEE 802.1Q] и [IEEE 802.3]. Функции ОАМ в сетях уровня сервера, используемых сетью Ethernet, не входят в область рассмотрения настоящей Рекомендации. Функции ОАМ на уровнях выше уровня ЕТН также не входят в область рассмотрения настоящей Рекомендации.

2 Справочные документы

В нижеследующих Рекомендациях МСЭ-Т и других справочных документах содержатся положения, которые посредством ссылок в настоящем тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На время публикации указанные здесь издания были действительными. Все Рекомендации и другие справочные документы постоянно пересматриваются; поэтому всем пользователям данной Рекомендации настоятельно рекомендуется изучить возможность использования последних изданий перечисленных ниже Рекомендаций и других справочных документов. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка в настоящей Рекомендации на какой-либо документ не придает этому отдельному документу статуса Рекомендации.

[ITU-T G.805]	Recommendation ITU-T G.805 (2000), <i>Generic functional architecture of transport networks</i>
[ITU-T G.806]	Рекомендация МСЭ-Т G.806 (2012 г.), <i>Характеристики транспортного оборудования – Методика описания и общие принципы работы</i>
[ITU-T G.809]	Рекомендация МСЭ-Т G.809 (2003 г.), <i>Функциональная архитектура многоуровневых сетей без установления соединения</i>
[ITU-T G.826]	Recommendation ITU-T G.826 (2002), <i>End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections</i>
[ITU-T G.7710]	Recommendation ITU-T G.7710/Y.1701 (2012), <i>Common equipment management function requirements</i>
[ITU-T G.8001]	Recommendation ITU-T G.8001/Y.1354 (2013), <i>Terms and definitions for Ethernet frames over transport</i>
[ITU-T G.8010]	Рекомендация МСЭ-Т G.8010/Y.1306 (2004 г.), <i>Архитектура сетей уровня Ethernet</i>
[ITU-T G.8021]	Recommendation ITU-T G.8021/Y.1341 (2015), <i>Characteristics of Ethernet transport network equipment functional blocks</i>
[ITU-T G.8031]	Recommendation ITU-T G.8031/Y.1342 (2015), <i>Ethernet linear protection switching</i>
[ITU-T G.8032]	Recommendation ITU-T G.8032/Y.1344 (2015), <i>Ethernet ring protection switching</i>

- [ITU-T G.8113.1] Рекомендация МСЭ-Т G.8113.1/Y.1372.1 (2012 г.), *Механизмы эксплуатации, управления и технического обслуживания для MPLS-TP в пакетных транспортных сетях*
- [ITU-T M.1400] Recommendation ITU-T M.1400 (2013), *Designations for interconnections among operators' networks*
- [ITU-T O.150] Recommendation ITU-T O.150 (1996), *General requirements for instrumentation for performance measurements on digital transmission equipment*
- [ITU-T T.50] Recommendation ITU-T T.50 (1992), *International Reference Alphabet (IRA) (Formerly International Alphabet No. 5 or IA5) – Information technology – 7-bit coded character set for information interchange*
- [ITU-T Y.1563] Recommendation ITU-T Y.1563 (2009), *Ethernet frame transfer and availability performance*
- [ITU-T Y.1564] Recommendation ITU-T Y.1564 (2011), *Ethernet service activation test methodology*
- [ITU-T Y.1730] Recommendation ITU-T Y.1730 (2004), *Requirements for OAM functions in Ethernet-based networks and Ethernet services*
- [ITU-T Y.1731] Рекомендация МСЭ-Т Y.1731 (2006 г.), *Функции и механизмы ОАМ для сетей на базе Ethernet*
- [IEC 61588] IEC 61588 (2009), *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems.*
<<https://webstore.iec.ch/publication/5639>>
- [IEEE 1588] IEEE 1588-2002, *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.*
<<http://standards.ieee.org/findstds/standard/1588-2002.html>>
- [IEEE 802] IEEE 802-2014, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture.*
<<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802-2014.html>>
- [IEEE 802.1Q] IEEE 802.1Q-2014, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Bridges and Bridged Networks.*
<<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.1Q-2014.html>>
- [IEEE 802.3] IEEE 802.3-2012, *IEEE Standard for Ethernet.*
<<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.3-2012.html>>
- [ISO 3166-1] ISO 3166-1 (2013), *Codes for the representation of names of countries and their subdivisions – Part 1: Country codes*
- [MEF 10.3] MEF 10.3 (2013), *Ethernet Services Attributes Phase 3.*
<http://www.metroethernetforum.org/Assets/Technical_Specifications/PDF/MEF_10.3.pdf>

3 Определения

3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящей Рекомендации используются следующие термины.

- 3.1.1 **Адаптация (adaptation)** – [ITU-T G.809].
- 3.1.2 **Адаптированная информация (adapted information)** – [ITU-T G.809].
- 3.1.3 **Взаимоотношения клиент/сервер (client/server relationship)** – [ITU-T G.809].
- 3.1.4 **Точка соединения (connection point)** – [ITU-T G.805].
- 3.1.5 **Маршрут без установления соединения (connectionless trail)** – [ITU-T G.809].
- 3.1.6 **Дефект (defect)** – [ITU-T G.806].

- 3.1.7 Двухпунктовый (**dual-ended**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.8 Авария (**failure**) – [ITU-T G.806].
- 3.1.9 Дальний конец (**far-end**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.10 Поток (**flow**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.11 Домен потока (**flow domain**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.12 Поток доменов потока (**flow domain flow**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.13 Точка потока (**flow point**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.14 Набор точек потока (**flow point pool**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.15 Линия набора точек потока (**flow point pool link**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.16 Завершение потока (**flow termination**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.17 Оконечный приемник потока (**flow termination sink**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.18 Оконечный источник потока (**flow termination source**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.19 Иницилирующая МЕР (**initiating MEP**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.20 Внутрпрофильный (**in-profile**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.21 ОАМ в режиме эксплуатации (**in-service OAM**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.22 Многоуровневая сеть (**layer network**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.23 Линия (**link**) – [ITU-T G.805].
- 3.1.24 Линейное соединение (**link connection**) – [ITU-T G.805].
- 3.1.25 Линейный поток (**link flow**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.26 Объект обслуживания (**maintenance entity**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.27 Группа объектов обслуживания (**maintenance entity group**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.28 Оконечная точка МEG (**MEG end-point (MEP)**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.29 Промежуточная точка МEG (**MEG intermediate point (MIP)**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.30 Ближний конец (**near-end**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.31 Сеть (**network**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.32 Сетевое соединение (**network connection**) – [ITU-T G.805].
- 3.1.33 ОАМ по запросу (**on-demand OAM**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.34 Односторонний (**one-way**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.35 Организационно уникальный идентификатор (**organizationally unique identifier**) – [IEEE 802].
- 3.1.36 Функции ОАМ на неработающей сети (**out-of-service OAM**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.37 Равноправная МЕР (**peer MEP**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.38 Порт (**port**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.39 Упреждающие функции ОАМ (**proactive OAM**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.40 Принимающая МЕР (**receiving MEP**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.41 Опорная точка (**reference point**) – [ITU-T G.809].
- 3.1.42 Отвечающая МЕР (**responding MEP**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.43 МЕР сервера (**server MEP**) – [ITU-T G.8001].
- 3.1.44 Однопунктовый (**single-ended**) – [ITU-T G.8001].

- 3.1.45 Точка завершения соединения (termination connection point)** – [ITU-T G.805].
- 3.1.46 Конечная точка потока (termination flow point)** – [ITU-T G.809].
- 3.1.47 Единица трафика (traffic unit)** – [ITU-T G.809].
- 3.1.48 Трасса (trail)** – [ITU-T G.805].
- 3.1.49 Завершение трассы (trail termination)** – [ITU-T G.805].
- 3.1.50 Транспортирование (transport)** – [ITU-T G.809].
- 3.1.51 Транспортирующий объект (transport entity)** – [ITU-T G.809].
- 3.1.52 Функция обработки процесса транспортирования (transport processing function)** – [ITU-T G.809].
- 3.1.53 Двусторонний (two-way)** – [ITU-T G.8001].

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

Отсутствуют.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

1DM	One-way Delay Measurement	Измерение задержки передачи сигнала в одном направлении
1SL	One-way Synthetic Loss measurement	Одностороннее измерение синтетических потерь
AIS	Alarm Indication Signal	Сигнал индикации аварии
APS	Automatic Protection Switching	Автоматическое защитное переключение
BNM	Bandwidth Notification Message	Сообщение с уведомлением о полосе пропускания
CCM	Continuity Check Message	Сигнал контроля целостности
CoS	Class of Service	Класс обслуживания
CP	Connection Point	Точка соединения
CSF	Client Signal Fail	Ошибка сигнала клиента
DA	Destination MAC Address	MAC-адрес получателя
DEI	Drop Eligible Indicator	Показатель потери пригодности
DMM	Delay Measurement Message	Запрос измерения задержки
DMR	Delay Measurement Reply	Ответ измерения задержки
EDM	Expected Defect Message	Ожидаемое сообщение об ошибке
ETH	Ethernet MAC layer network	Сеть Ethernet MAC-уровня
ETH-AIS	Ethernet Alarm Indication Signal function	Функция Ethernet – сигнал индикации аварии
ETH-APS	Ethernet Automatic Protection Switching function	Функция Ethernet – автоматическое защитное переключение
ETH-BN	Ethernet Bandwidth Notification function	Функция Ethernet – уведомление о полосе пропускания
ETH-CC	Ethernet Continuity Check function	Функция Ethernet – проверка целостности сети
ETH-CSF	Ethernet Client Signal Fail function	Функция Ethernet – пропадание сигнала клиента
ETH-DM	Ethernet Delay Measurement function	Функция Ethernet – измерение задержки
ETH-ED	Ethernet Expected Defect function	Функция Ethernet – ожидаемая ошибка

ETH-EXP	Ethernet Experimental OAM function	Экспериментальные функции ОАМ для Ethernet
ETH-LB	Ethernet Loopback function	Функция Ethernet – проверка по шлейфу
ETH-LCK	Ethernet Lock signal function	Функция Ethernet – блокировка сигнала
ETH-LM	Ethernet Loss Measurement function	Функция Ethernet – измерение потерь
ETH-LT	Ethernet Link Trace function	Функция Ethernet – трассировка линий
ETH-MCC	Ethernet Maintenance Communication Channel function	Функция Ethernet – канал связи для обслуживания
ETH-RDI	Ethernet Remote Defect Indication function	Функция Ethernet – индикация ошибок на удаленном конце
ETH-SLM	Ethernet Synthetic Loss Measurement function	Функция Ethernet – измерение синтетических потерь
ETH-Test	Ethernet Test function	Тестовая функция Ethernet
ETH-TFP	Ethernet Termination Flow Point	Точка завершения потока Ethernet
ETH-VSP	Ethernet Vendor-Specific OAM function	Функции ОАМ для Ethernet, определяемые поставщиком
ETY	Ethernet PHY layer network	Сеть физического уровня Ethernet
EXM	Experimental OAM Message	Запрос экспериментальных ОАМ
EXR	Experimental OAM Reply	Ответ экспериментальных ОАМ
FLR	Frame Loss Ratio	Коэффициент потери кадров
FT	Flow Termination	Завершение потока
GNM	Generic Notification Message	Общее уведомляющее сообщение
ICC	ITU Carrier Code	Код оператора МСЭ
LBM	Loopback Message	Запрос проверки по шлейфу
LBR	LoopBack Reply	Ответ проверки по шлейфу
LCK	Locked	Заблокирован
LMM	Loss Measurement Message	Запрос измерений потерь
LMR	Loss Measurement Reply	Ответ измерений потерь
LOC	Loss of Continuity	Потеря соединения
LTM	Link Trace Message	Запрос трассировки линии
LTR	Link Trace Reply	Ответ трассировки линии
MAC	Media Access Control	Управление доступом к среде передачи
MCC	Maintenance Communication Channel	Канал для передачи сигналов обслуживания
ME	Maintenance Entity	Объект обслуживания
MEG	ME Group	Группа объектов обслуживания
MEL	MEG Level	Уровень MEG
MEP	MEG End Point	Оконечная точка MEG
MIP	MEG Intermediate Point	Промежуточная точка MEG
NMS	Network Management System	Система управления сетью
NNI	Network Node Interface	Интерфейс между узлом и сетью
NT	Network Termination	Оконечная точка сети
OAM	Operation, Administration and Maintenance	Эксплуатация, управление и обслуживание
OSS	Operations Support System	Система функциональной поддержки
OTN	Optical Transport Network	Оптоволоконная транспортная сеть
OUI	Organizationally Unique Identifier	Организационно уникальный идентификатор

PCP	Priority Code Point	Кодовая точка приоритета
PDU	Protocol Data Unit	Блок протокольных данных
PE	Provider Edge	Сторона провайдера
PHY	Ethernet physical layer entity consisting of the PCS, the PMA, and, if present, the PMD sublayers	Блок физического уровня Ethernet, состоящий из подуровней PCS, PMA и PMD, если он имеется
PRBS	Pseudo-Random Bit Sequence	Псевдослучайная бинарная последовательность
RDI	Remote Defect Indication	Индикация ошибок на удаленном конце
SA	Source MAC Address	MAC-адрес источника
SES	Severely Errored Seconds	Секунды, пораженные ошибками
SLA	Service Level Agreement	Соглашение об уровне обслуживания
SLM	Synthetic Loss Message	Запрос синтетических потерь
SLR	Synthetic Loss Reply	Ответ синтетических потерь
SRV	Server	Сервер
STP	Spanning Tree Protocol	Протокол связующего дерева сети
TCI	Tag Control Information	Управляющая информация метки
TLV	Type, Length and Value	Тип, длина и значение
TrCP	Traffic Conditioning Point	Точка, определяющая параметры трафика
TST	Test PDU	Испытательный блок данных протокола
TTL	Time to Live	Время жизни
UMC	Unique MEG ID Code	Уникальный ID-код MEG
UNI	User Network Interface	Интерфейс между пользователем и сетью
UNI-C	Customer side of UNI	Сторона пользователя интерфейса UNI
UNI-N	Network side of UNI	Сторона сети интерфейса UNI
VLAN	Virtual LAN	Виртуальная локальная сеть
VSM	Vendor Specific OAM Message	Запрос функций OAM, определяемых поставщиком
VSR	Vendor Specific OAM Reply	Выполнение функций OAM, определяемых поставщиком

5 Условные обозначения

Графические условные обозначения для многоуровневых сетей с установлением соединения и без установления соединения, описанные в настоящей Рекомендации, соответствуют обозначениям из [ITU-T G.805], [ITU-T G.809] и [ITU-T G.8010].

В тексте настоящей Рекомендации определены также следующие термины OAM и графические условные обозначения.

5.1 Группа объектов обслуживания (MEG)

Группа объектов обслуживания (MEG) включает в себя различные объекты обслуживания, которые удовлетворяют следующим условиям:

- все объекты обслуживания в составе MEG существуют в одних и тех же административных границах;
- все объекты обслуживания в составе MEG имеют одинаковый уровень MEG (см. пункт 5.3);
- все объекты обслуживания в составе MEG принадлежат к одному и тому же соединению ETH из пункта в пункт или к многопунктовому соединению ETH.

Для соединения ETH из пункта в пункт MEG содержит один-единственный ME.

Для многопунктового соединения EТН, содержащего n конечных точек, MEG содержит $n*(n - 1)/2$ объектов обслуживания.

Для корневого многопунктового соединения EТН, содержащего k корневых и m концевых оконечных точек, MEG может содержать объекты обслуживания между концевыми оконечными точками; в этом случае MEG содержит $k \times (k - 1)/2 + k \times m$ объектов обслуживания.

5.2 Точка, определяющая параметры трафика (TrCP)

Точка, определяющая параметры трафика (TrCP), – это точка EТН-потока, которая способна выполнить функцию определения параметров трафика EТН, которая описана в [ITU-T G.8010].

5.3 Уровень группы объектов обслуживания

В том случае, когда группы объектов обслуживания вложены друг в друга, поток OAM в каждой MEG должен быть четко определен и отделен от потоков OAM других MEG. В тех случаях, когда потоки OAM неотличимы для самого уровня EТН-инкапсуляции, уровень MEG в кадре OAM различает потоки OAM вложенных групп объектов обслуживания.

Существует восемь уровней MEG, которые охватывают различные сценарии реализации сети.

Когда трассы передачи потоков данных пользователя, провайдера и оператора невозможно отличить друг от друга средствами уровня EТН-инкапсуляции, они могут использовать восемь уровней MEG, для того чтобы отличить друг от друга кадры OAM, принадлежащие к вложенным друг в друга группам объектов обслуживания пользователей, провайдеров и операторов. Изначально роли уровней MEG распределены между пользователем, провайдером и оператором следующим образом:

- роль пользователя распределена трем уровням MEG – 7, 6 и 5.
- роль провайдера распределена двум уровням MEG – 4 и 3.
- роль оператора распределена трем уровням MEG – 2, 1 и 0.

Изначальное распределение ролей уровня MEG можно изменить при помощи взаимного соглашения между ролями пользователя, провайдера и/или оператора.

Несмотря на то что существует восемь уровней MEG, могут использоваться не все они. Когда используются не все восемь уровней MEG, их порядок никак не ограничивается (например, могут использоваться уровни MEG 7, 5, 2 и 0). Количество используемых уровней MEG зависит от числа вложенных объектов обслуживания, для которых OAM-потоки невозможно отличить друг от друга средствами уровня EТН-инкапсуляции.

Конкретное назначение уровней MEG для различных ролей в конкретных реализациях в настоящей Рекомендации не рассматривается. Некоторые примеры рассмотрены в [ITU-T G.8010].

5.4 Прозрачность OAM

Прозрачность OAM означает способность прозрачной передачи кадров OAM, принадлежащих к группам MEG более высокого уровня, через другие группы MEG более низкого уровня, когда эти группы MEG вложены друг в друга.

Кадры OAM, принадлежащие административному домену, начинаются и завершаются в точках MEP, расположенных на границе этого административного домена. MEP не позволяет кадрам OAM, соответствующим MEG в административном домене, выходить за пределы этого административного домена. Однако когда оконечная точка MEG отсутствует или повреждена, соответствующие кадры OAM могут покинуть административный домен.

Аналогично, точка MEP, расположенная на границе административного домена, защищает этот административный домен от попадания в него кадров OAM, принадлежащих другим административным доменам. Эта MEP дает возможность прозрачной передачи кадров OAM иных административных доменов, принадлежащих объектам обслуживания более высокого уровня, блокируя при этом кадры OAM иных административных доменов, принадлежащих объектам обслуживания такого же или меньшего уровня.

Роль пользователя может использовать любой из восьми уровней MEG, когда уровни MEG не используются ею совместно с ролями провайдера и оператора, как указано в пункте 5.3. Однако

если уровни MEG используются ролью пользователя совместно с ролями провайдера и оператора, прозрачность кадров OAM пользователя при их передаче через административные домены провайдера и/или оператора будет гарантироваться только для взаимно согласованных уровней MEG, например исходных уровней MEG 7, 6 и 5. Аналогично, прозрачность кадров OAM провайдера при их передаче через административный домен оператора, когда уровни MEG используются совместно, будет гарантироваться только для взаимно согласованных уровней MEG, например исходных уровней MEG 4 и 3, при этом роль оператора может использовать исходные уровни MEG 2, 1 и 0.

Можно предотвратить утечку кадров OAM при помощи реализации процесса фильтрации OAM в атомических функциях MEP.

5.5 Представление байтов

В настоящей Рекомендации байты представлены, как определено в стандарте [IEEE 802.1Q].

Когда для представления двоичного числа используются последовательные байты, старшим является байт с меньшим номером. Например, если байт 1 и байт 2 на рисунке 5.5-1 представляют двоичное число, старшим является байт 1.

Биты внутри байта нумеруются от 1 до 8, причем бит 1 является младшим (LSB), бит 8 является старшим (MSB).

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Байт 1								Байт 2								Байт 3								Байт 4							
5	Байт 5								Байт 6								Байт 7								Байт 8							
9	Байт 9								Байт 10								Байт 11								Байт 12							
:																																

Рисунок 5.5-1 – Пример формата протокольного блока данных (PDU)

6 Взаимосвязи OAM

6.1 Взаимосвязь ME, MEP, MIP и TrCP

В Дополнении I приводятся различные сетевые сценарии, которые показывают, как могут быть созданы MEG, MEP и MIP на различных уровнях MEG и где наиболее вероятно будут размещаться TrCP.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Не все MEG и соответствующие MEP и MIP могут использоваться или обеспечиваться в примерах сетевых сценариев, показанных в Дополнении I. Например, провайдеры могут не предоставлять пользователям промежуточных точек группы объектов обслуживания.

6.2 Взаимосвязь между ME, MEG и уровнем MEG

Точки MEP, связанные с административным доменом, работают на назначенном уровне MEG. Междоменные MEP, связанные с MEG группами объектов обслуживания в двух административных доменах, могут работать на уровне MEG, согласованном между этими двумя административными доменами, так, чтобы связанные с ними междоменные потоки OAM не могли бы проникать в другие административные домены. Исходный уровень MEG для междоменного потока OAM равен 0.

ME в сетях Ethernet показаны на рисунках 23 и 24 [ITU-T G.8010], а определение ME Ethernet дано в разделе 9 [ITU-T Y.1730]. ME могут быть вложенными, но не могут перекрываться. На рисунке 6.2-1 показан пример ME, относящийся к административному домену соединения из пункта в пункт.

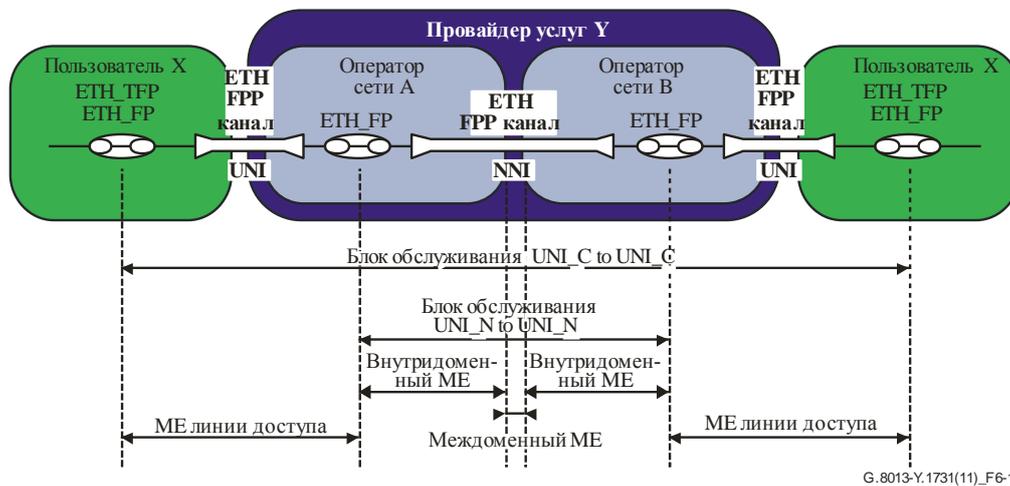


Рисунок 6.2-1 – Пример объектов обслуживания, связанных с соединениями из пункта в пункт административного домена, показанного на рисунке 23 [ITU-T G.8010]

В таблице 6-1 показаны возможные назначения уровня MEG для групп MEG в пределах административных доменов пользователя, провайдера и оператора, которые совместно используют уровни MEG, согласно [ITU-T G.8010] и [ITU-T Y.1730].

Таблица 6-1 – Примерные назначения уровня MEG для совместно используемых уровней MEG

MEG в Рекомендации МСЭ-Т G.8010	МЕ в Рекомендации ITU-T Y.1730	Уровень (уровни) MEG
UNI-C – UNI-C ME	UNI–UNI (пользователь)	7, 6 или 5
UNI-N – UNI-N ME	UNI–UNI (провайдер)	4 или 3
Внутридоменный МЕ	Сегмент (PE–PE) внутри сети провайдера	4 или 3
Междоменный МЕ	Сегмент (PE–PE) между провайдерами (провайдер–провайдер)	0 (исходный)
МЕ линии доступа	ЕТУ линия OAM–UNI (пользователь–провайдер)	0 (исходный)
Междоменный МЕ	ЕТУ линия OAM–NNI (оператор–оператор)	0 (исходный)

Как сказано в пункте 5.3, уровни MEG, совместно используемые потоками OAM вложенных друг в друга групп MEG пользователя, провайдера и оператора, невозможно отличить друг от друга средствами уровня ETH-инкапсуляции. Однако если потоки OAM вложенных друг в друга MEG пользователя, провайдера и оператора можно отличить друг от друга средствами уровня ETH-инкапсуляции, то эти уровни MEG не являются совместно используемыми, за исключением междоменных MEG (например, MEG между пользователем и провайдером, MEG между провайдером и оператором, MEG между операторами, МЕ между провайдерами и т. д.).

В таблице 6-2 показаны возможные назначения уровня MEG для МЕ в пределах административных доменов пользователя, провайдера и оператора, которые не используют совместно уровни MEG, но требуют наличия междоменных объектов обслуживания.

Таблица 6-2 – Примерные назначения уровня MEG для независимых уровней MEG

MEG в Рекомендации МСЭ-Т G.8010	МЕ в Рекомендации ITU-T Y.1730	Уровень (уровни) MEG
UNI-C – UNI-C ME	UNI–UNI (пользователь)	7–1
UNI-N – UNI-N ME	UNI–UNI (провайдер)	7–1
Внутридоменный МЕ	Сегмент (PE–PE) внутри сети провайдера	7–1

Таблица 6-2 – Примерные назначения уровня MEG для независимых уровней MEG (окончание)

MEG в Рекомендации МСЭ-Т G.8010	ME в Рекомендации ITU-T Y.1730	Уровень (уровни) MEG
Междоменный ME	Сегмент (PE-PE) между провайдерами (провайдер-провайдер)	0 (исходный)
ME линии доступа	ЕТУ линия OAM – UNI (пользователь-провайдер)	0 (исходный)
Междоменный ME	ЕТУ линия OAM-NNI (оператор-оператор)	0 (исходный)

Далее, если междоменные объекты обслуживания не требуются, каждый пользователь, провайдер и оператор могут использовать любой из восьми уровней MEG. Как уже говорилось в пункте 5.3, могут использоваться не все уровни MEG.

6.3 Конфигурация промежуточных и конечных точек MEG

Промежуточные и конечные точки MEG (MEP и MIP) конфигурируются при помощи плоскости управления и/или плоскости контроля. Конфигурации плоскости управления могут выполняться вручную местным администратором каждого устройства или при помощи системы управления сетью (NMS).

Эта конфигурация в настоящей Рекомендации не рассматривается.

7 Функции OAM по устранению неисправностей

Функции OAM по устранению неисправностей позволяют обнаружить, проверить, локализовать различные неисправности и сообщить о них.

7.1 Проверка целостности сети Ethernet (ETH-CC)

Функция проверки целостности сети Ethernet (ETH-CC) используется для упреждающих действий OAM. Она используется для обнаружения потери соединения (LOC) между любой парой MEP внутри MEG. Функция ETH-CC позволяет также обнаружить непредусмотренное соединение двух MEG (ошибочное объединение), непредусмотренное соединение внутри MEG с неожиданной MEP (неожиданная MEP) и другие состояния неисправности (например, неожиданный уровень MEG, неожиданный период и т. д.). Функция ETH-CC применяется для устранения неисправностей, контроля качества работы или для применений защитного переключения.

MEP всегда должна сообщать о приеме кадра с неожиданной информацией о ETH-CC. Передача ETH-CC может быть включена или отключена в MEG. Когда передача ETH-CC в MEG разрешена, все MEP способны периодически передавать кадры с информацией ETH-CC равноправным MEP в составе данной MEG. Период передачи ETH-CC одинаков для всех MEP в одной MEG. Когда MEP способна создавать кадры с информацией ETH-CC, ожидается также, что она будет принимать кадры с информацией ETH-CC от равноправных ей MEP в данной MEG.

Когда передача ETH-CC в MEG отключена, ни одна MEP не способна передавать кадры с информацией ETH-CC.

Конкретная информация о конфигурации, необходимая для каждой MEP для того, чтобы поддерживать ETH-CC, такова:

- ID MEG – идентифицирует MEG, к которой принадлежит MEP;
- ID MEP – собственный идентификатор MEP внутри MEG;
- список идентификаторов равноправных MEP – список равноправных MEP внутри MEG. Для группы MEG из пункта в пункт с одним-единственным ME этот список будет состоять из одного идентификатора равноправной MEP;
- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует MEP;

- период передачи EТН-СС – зависит от применения. EТН-СС имеет три различных применения (для каждого применения определен исходный период передачи):
 - устранение неисправностей – исходный период передачи равен 1 с (то есть скорость передачи равна 1 кадру в секунду);
 - контроль качества работы – исходный период передачи равен 100 мс (то есть скорость передачи равна 10 кадров в секунду);
 - защитное переключение – исходный период передачи равен 3,33 мс (то есть скорость передачи равна 300 кадров в секунду);
- приоритет – идентифицирует приоритет кадра с информацией EТН-СС. По умолчанию кадр с информацией EТН-СС передается с наивысшим приоритетом, доступным для трафика передачи данных. Эта информация настраивается для каждой операции;
- потеря пригодности – кадры с информацией EТН-СС всегда помечаются как непригодные для передачи информации трафика. Эта информация может быть ненастраиваемой.

Промежуточная точка MEG прозрачна для информации EТН-СС, и, следовательно, для передачи EТН-СС не требуется никакой иной информации о конфигурации.

Когда в течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи EТН-СС, MEP не принимает информации EТН-СС от равноправной MEP из перечня равноправных MEP, то она регистрирует потерю соединения с этой MEP. Этот интервал соответствует потере трех последовательных кадров, переносящих информацию EТН-СС от равноправной MEP. EТН-СС позволяет также обнаружить другие неисправности, как описано в пункте 7.1.2.

PDU OAM, используемый для передачи информации EТН-СС, является сигналом CCM, описанным в пункте 9.2. Кадры, в которых передается PDU CCM, называются кадрами CCM.

7.1.1 Передача сигнала контроля целостности (CCM) (с информацией EТН-СС)

Когда функция EТН-СС подключена, MEP периодически передает кадры CCM с частотой, соответствующей заданному периоду передачи. Период передачи может иметь длительность, равную одному из следующих семи значений:

- 3,33 мс – исходный период передачи для применения защитного переключения (скорость передачи равна 300 кадров в секунду);
- 10 мс – скорость передачи равна 100 кадров в секунду;
- 100 мс – исходный период передачи для применения контроля качества работы (скорость передачи равна 10 кадров в секунду);
- 1 с – исходный период передачи для применения устранения неисправностей (скорость передачи равна 1 кадр в секунду);
- 10 с – скорость передачи равна 6 кадров в минуту;
- 1 мин – скорость передачи равна 1 кадр в минуту;
- 10 мин – скорость передачи равна 6 кадров в час.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Несмотря на то что для периода передачи определено семь различных значений, рекомендуется использовать исходные значения, соответствующие сфере применения, в которой используется EТН-СС. Когда используется период передачи, отличный от исходного значения, корректная работа требуемого применения не гарантируется.

Поле периода в CCM передается с периодом передачи, значение которого определено на передающей MEP, поэтому если периоды передачи не одинаковы на передающей и приемной MEP, приемная MEP может обнаружить неожиданный период.

7.1.2 Прием CCM (с информацией EТН-СС)

Когда MEP принимает кадр CCM, она проверяет его, чтобы убедиться в том, что его ID MEG соответствует значению ID MEG, заданному в принимающей MEP, и что ID MEP в кадре CCM является одним из ID MEP из заданного перечня идентификаторов равноправных MEP. Информация в CCM-кадрах регистрируется на приемных MEP.

Кадры ССМ позволяют обнаружить различные неисправности.

- Если в течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи ССМ, от равноправной МЕР не получено ни одного кадра ССМ, то принимающая МЕР обнаруживает потерю соединения с равноправной МЕР.
- Если принимается кадр ССМ с уровнем МЕГ ниже уровня МЕГ принимающей МЕР, то обнаруживается неожиданный уровень МЕГ.
- Если принимается кадр ССМ с тем же уровнем МЕГ, но с ID МЕГ, отличным от собственного ID МЕГ принимающей МЕР, то обнаруживается ошибочное соединение.
- Если принимается кадр ССМ с тем же уровнем МЕГ, правильным ID МЕГ, но с ошибочным ID МЕР, включая собственный ID МЕГ принимающей МЕР, то обнаруживается неожиданная МЕР.
- Если принимается кадр ССМ с правильным уровнем МЕГ, правильным ID МЕГ, но со значением поля периода, отличным от собственного периода передачи ССМ принимающей МЕР, то обнаруживается неожиданный период.

Приемная МЕР при обнаружении вышеописанных неисправностей должна сообщить о выполнении процесса устранения неисправностей.

7.2 Проверка Ethernet по шлейфу (ETH-LB)

Функция проверки Ethernet по шлейфу (ETH-LB) используется для проверки наличия соединения МЕР с МIP или равноправной(ыми) МЕР. Существует два типа ETH-LB:

- одноадресная ETH-LB;
- многоадресная ETH-LB.

7.2.1 Одноадресная ETH-LB

Одноадресная ETH-LB – это выполняемая по запросу функция OAM, которая используется для следующих применений:

- для проверки двустороннего соединения МЕР с МIP или равноправной МЕР;
- для выполнения двусторонних диагностических испытаний между парой равноправных МЕР на работающей или неработающей линии. Они включают в себя проверку ширины полосы пропускания, обнаружение битов с ошибками и т. д.

Кадры с информацией об одноадресной ETH-LB могут передаваться различными способами для различных команд запроса, например одна передача, повторяющаяся передача и т. д. Специальные типы команд запроса в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

При проверке двустороннего соединения МЕР передает одноадресный запрос на кадр с информацией ETH-LB и в течение определенного промежутка времени ожидает от МIP или равноправной МЕР получение одноадресного кадра с ответной информацией ETH-LB. Эта МIP или равноправная МЕР идентифицируются своим MAC-адресом. Этот MAC-адрес кодируется в поле адреса получателя (DA) одноадресного кадра запроса. Если в течение определенного промежутка времени МЕР не принимает одноадресный кадр с ответной информацией ETH-LB, то может быть сделан вывод о потере соединения с МIP или равноправной МЕР. Одноадресная ETH-LB может использоваться также для проверки двустороннего соединения с различными размерами кадров, передаваемых между МЕР и МIP или равноправной МЕР.

При выполнении двусторонних диагностических испытаний МЕР передает на равноправную МЕР одноадресные кадры с запросом информации ETH-LB. Этот запрос информации ETH-LB включает в себя испытательные последовательности. Когда диагностика выполняется на отключенной сети, трафик данных не доставляется ни на одну сторону диагностируемого ME. Вместо этого точки МЕР конфигурируются так, чтобы передавать кадры с информацией ETH-LCK, как описано в пункте 7.6, на ближайшем клиентском уровне МЕГ с любой стороны ME.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Одноадресная ETH-LB может использоваться для одновременного выполнения только одного из двух применений. Она должна завершить отложенную запрошенную команду одного применения (либо проверки соединения, либо диагностических испытаний), прежде чем начинать работать по другой запрошенной команде для другого применения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Максимальная скорость передачи кадров с одноадресной информацией ETH-LB без вредного воздействия на трафик данных для двусторонней проверки соединения на работающей сети или для диагностических испытаний на работающей сети в настоящей Рекомендации не рассматривается. Она может быть взаимно согласована между пользователем одноадресной ETH-LB и пользователем услуги.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MEP для поддержки одноадресной ETH-LB, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная MEP;
- одноадресный MAC-адрес удаленной MIP или MEP, для которой предназначена ETH-LB. Эта информация настраивается для каждой операции;
- данные – дополнительный элемент, длина и содержание которого определяются на данной MEP. Содержание может быть испытательной последовательностью и, дополнительно, проверочной суммой. Примерами испытательных последовательностей являются псевдослучайная бинарная последовательность (PRBS) ($2^{31}-1$), определенная в пункте 5.8 [ITU-T O.150], последовательность "все нули" и т. д. Для применения двусторонних диагностических испытаний требуется конфигурация генератора испытательного сигнала и детектора испытательного сигнала, связанных с данной MEP;
- приоритет – идентифицирует приоритет одноадресных кадров с информацией ETH-LB;
- потеря пригодности – идентифицирует возможность отбрасывания кадров с одноадресной информацией ETH-LB при возникновении перегрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Для повторяющейся передачи могут потребоваться дополнительные элементы информации о конфигурации, например частота повторения, суммарный интервал повторения и т. д. Эти дополнительные элементы информации о конфигурации в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

Удаленная MIP или MEP при приеме одноадресного кадра с запросом информации ETH-LB, который адресован этой MIP или MEP, передает в ответ одноадресный кадр с ответной информацией ETH-LB.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая промежуточной точкой объекта обслуживания для поддержки одноадресной ETH-LB, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная MIP.

PDU OAM, используемым для запроса одноадресной информации LB, является сигнал LBM, как описано в пункте 9.3. PDU OAM, используемым для ответа на запрос одноадресной информации LB, является сигнал LBR, как описано в пункте 9.4. Одноадресные кадры, в которых передается PDU LBM, называются одноадресными кадрами LBM. Одноадресные кадры, в которых передается PDU LBR, называются одноадресными кадрами LBR.

7.2.1.1 Одноадресная передача LBM

Одноадресные кадры LBM передаются точкой MEP по запросу.

При проверке двустороннего соединения MEP передает одноадресный кадр LBM, адресованный MIP или равноправной MEP, с определенным идентификатором транзакции, введенным в поле ID транзакции/порядковый номер. После передачи одноадресного кадра LBM MEP в течение 5 секунд ожидает получения одноадресного кадра LBR. Следовательно, переданный идентификатор транзакции удерживается точкой MEP в течение как минимум 5 секунд после передачи одноадресного кадра LBM. Для каждого одноадресного кадра LBM должен использоваться свой идентификатор транзакции, и ни один идентификатор транзакции не может быть передан повторно от одной и той же MEP в течение минуты.

MEP может дополнительно использовать команды "тип, длина и значение" данных (Data TLV) или "тип, длина и значение" испытательного сигнала (Test TLV). В том случае когда MEP сконфигурирована для проверки успешной передачи кадров различных размеров, MEP использует команду Data TLV. Однако когда MEP используется для диагностических испытаний, MEP передает одноадресный кадр LBM, адресованный равноправной MEP, с командой Test TLV. Команда Test TLV используется для передачи испытательной последовательности, созданной генератором испытательных сигналов, связанным с данной MEP. Когда MEP сконфигурирована для выполнения диагностических испытаний на отключенной сети, эта MEP также создает кадры LCK, как описано в пункте 7.6, на клиентском уровне MEG.

7.2.1.2 Одноадресный прием LBM и передача LBR

Всегда, когда на MIP или MEP принимается правильный одноадресный кадр LBM, формируется кадр LBR, и он передается на инициирующую MEP. Правильным одноадресным кадром LBM считается одноадресный кадр LBM с правильным уровнем MEG и MAC-адресом пункта назначения, соответствующим MAC-адресу отвечающей MIP или MEP. Каждое поле в одноадресном кадре LBM копируется в кадр LBR со следующими исключениями:

- MAC-адреса источника и пункта назначения меняются местами;
- значение в поле OpCode меняется с LBM на LBR.

Кроме того, когда отвечающая MEP сконфигурирована для выполнения диагностических испытаний на отключенной сети, эта MEP также создает кадры LCK, как описано в пункте 7.6, на клиентском уровне MEG.

7.2.1.3 Прием LBR

Если MEP, сконфигурированная для проверки соединения, получает адресованный ей кадр LBR с тем же самым уровнем MEG, что и ее собственный уровень MEG, и с ожидаемым идентификатором транзакции и в течение 5 секунд после передачи одноадресного кадра LBM, то это правильный кадр LBR. В остальных случаях адресованный ей кадр LBR является неправильным и он отбрасывается.

Если MEP, сконфигурированная для выполнения диагностических испытаний, получает адресованный ей кадр LBR с уровнем MEG, равным ее уровню MEG, то это правильный кадр LBR. Приемник испытательного сигнала, связанный с MEP, может также проверить правильность принятого номера, сравнив его с ожидаемыми порядковыми номерами.

Если MIP принимает адресованный ей кадр LBR, такой кадр LBR является неправильным и эта MIP должна его отбросить.

7.2.2 Многоадресная проверка Ethernet по шлейфу (ETH-LB)

Функция многоадресной проверки Ethernet по шлейфу (ETH-LB) используется для проверки двустороннего соединения MEP с равноправными ей MEP. Многоадресная ETH-LB – это выполняемая по запросу функция OAM. Когда на MEP вызывается функция многоадресной ETH-LB, эта MEP возвращает инициатору многоадресной ETH-LB перечень равноправных ей MEP, с которыми обнаруживается двустороннее соединение.

Когда на MEP вызывается функция ETH-LB, многоадресный кадр с запросом информации ETH-LB передается от MEP к ее равноправным MEP. Эта MEP в течение определенного промежутка времени ожидает получения одноадресного кадра с ответной информацией ETH-LB от равноправных ей MEP. После получения многоадресного кадра с запросом информации ETH-LB принявшие его MEP проверяют его правильность и после случайной задержки продолжительностью от 0 до 1 секунды передают одноадресный кадр с ответной информацией ETH-LB.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая каждой точкой MEP для поддержки многоадресной ETH-LB, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная MEP;
- приоритет – указывает приоритет многоадресных кадров с запросом данных ETH-LB. Эта информация настраивается для каждой операции;
- потеря пригодности – многоадресные кадры с запросом информации ETH-LB всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой.

MIP является прозрачной для многоадресных кадров с запросом информации ETH-LB, и, следовательно, для поддержки многоадресной ETH-LB не требуется никакой информации.

PDU OAM, используемым для многоадресного запроса информации ETH-LB, является сигнал LBM, как описано в пункте 9.3. PDU OAM, используемым для ответа ETH-LB, является сигнал LBR, как описано в пункте 9.4. Многоадресные кадры, в которых передается протокольный блок данных LBM, называются многоадресными кадрами LBM.

7.2.2.1 Многоадресная передача LBM

Многоадресные кадры LBM передаются точкой МЕР по запросу. После передачи многоадресного кадра LBM с определенным идентификатором транзакции МЕР в течение 5 секунд ожидает получения кадров LBR. Следовательно, переданный идентификатор транзакции удерживается точкой МЕР в течение как минимум 5 секунд после передачи многоадресного кадра LBM. Для каждого многоадресного кадра LBM должен использоваться свой идентификатор транзакции, и ни один идентификатор транзакции не может быть передан повторно от одной и той же МЕР в течение минуты.

7.2.2.2 Многоадресный прием LBM и передача LBR

Всегда, когда на МЕР принимается правильный многоадресный кадр LBM, формируется кадр LBR, и он передается на иницилирующую МЕР после случайной задержки от 0 до 1 секунды. Правильность многоадресного кадра LBM определяется по уровню MEG.

Каждое поле многоадресного кадра LBM копируется в кадр LBR, за исключением:

- MAC-адреса источника в кадре LBR – это одноадресный MAC-адрес отвечающей МЕР. MAC-адрес пункта назначения в кадре LBR копируется из MAC-адреса источника в многоадресном кадре LBM, который должен быть одноадресным;
- значение в поле OpCode меняется с LBM на LBR.

7.2.2.3 Прием LBR

Если кадр LBR принимается точкой МЕР с ожидаемым идентификатором транзакции и в течение 5 секунд после передачи многоадресного кадра LBM, то кадр LBR является правильным. Если МЕР принимает кадр LBR с идентификатором транзакции, который не входит в перечень переданных идентификаторов транзакции, сохраняемый на окончательной точке объекта обслуживания, то кадр LBR является неправильным и отбрасывается.

Если МІР принимает адресованный ей кадр LBR, такой кадр LBR является неправильным и эта МІР должна его отбросить.

7.3 Трассировка линий Ethernet (ETH-LT)

Функция трассировки линий Ethernet (ETH-LT) – это выполняемая по запросу функция OAM, которая может использоваться для двух следующих целей:

- определение соседних взаимосвязей – функция ETH-LT может использоваться для определения взаимосвязи между данной МЕР и равноправной МЕР или МІР. Результатом работы функции ETH-LT является последовательность точек МІР от иницилирующей МЕР до требуемой МІР или МЕР. Каждая МІР и/или МЕР определяется MAC-адресом;
- локализация неисправностей – функция ETH-LT может использоваться для локализации неисправностей. Когда возникает неисправность (например, отказ линии и/или устройства) в цепи передачи, последовательность точек МІР и/или МЕР будет, вероятно, отличаться от ожидаемой. Разница этих последовательностей дает сведения о месте нахождения неисправности.

Запрос информации ETH-LT инициируется на МЕР. После передачи кадра с запросом информации ETH-LT МЕР в течение определенного промежутка времени ожидает получения кадров с ответной информацией ETH-LT. Элементы сети, содержащие МІР или МЕР и получавшие кадр с запросом информации ETH-LT, отвечают, передавая кадры, содержащие ответную информацию ETH-LT.

Элемент сети, содержащий МІР или МЕР, отвечает, передавая кадр с ответной информацией ETH-LT после приема правильного кадра с запросом информации ETH-LT, только если:

- элементу сети, где находится МІР или МЕР, известен MAC-адрес получателя (TargetMAC), указанный в запросе информации ETH-LT, и он связывает его с одним-единственным выходным портом, причем этот выходной порт не является тем же самым, что и порт, на котором был получен запрос информации ETH-LT; или
- MAC-адрес получателя (TargetMAC) тот же, что и MAC-адрес этой МІР или МЕР.

Элемент сети, содержащий MIP, может также ретранслировать кадр с запросом информации ETH-LT, как описано в пункте 7.3.2.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MEP для поддержки функции ETH-LT, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная MEP;
- приоритет – идентифицирует приоритет кадров с запросом информации ETH-LT. Эта информация настраивается для каждой операции;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-LT всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой;
- MAC-адрес получателя (обычно адрес точки MIP или MEP группы объектов обслуживания, но не только), для которого предназначена ETH-LT. Эта информация настраивается для каждой операции;
- TTL – позволяет получателю определять, могут ли быть завершены кадры с информацией запроса ETH-LT. Каждый раз, когда передаются кадры с информацией запроса ETH-LT, TTL уменьшается. При $TTL \leq 1$ кадры с информацией запроса ETH-LT не передаются.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MIP для поддержки функции ETH-LT, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная MIP.

PDU, используемым для запроса информации ETH-LT, является сигнал LTM, как описано в пункте 9.5. PDU, используемым для ответной информации ETH-LT, является сигнал LTR, как описано в пункте 9.6. Кадры, в которых передается PDU LTM, называются кадрами LTM. Кадры, в которых передается PDU LTR, называются кадрами LTR.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Поскольку каждый элемент сети, содержащий точки MIP или точку MEP, должен знать MAC-адрес получателя (TargetMAC) в принятом кадре LTM и для того, чтобы эти MIP или MEP могли обработать принятые кадры LTM, он связывает его с одним-единственным выходным портом, до передачи кадра LTM точка MEP может выполнить одноадресную проверку по шлейфу (ETH-LB) в направлении на адрес TargetMAC. Это гарантирует, что элементы сети на пути к TargetMAC будут обладать информацией о маршруте к адресу TargetMAC, если адрес TargetMAC является достижимым в той же MEG.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В ситуации неисправности информация о маршруте к адресу TargetMAC может через некоторое время устареть. Функция ETH-LT должна быть выполнена до того, как произойдет устаревание, для того чтобы обеспечить наличие информации о маршруте.

7.3.1 Передача LTM

Кадр LTM передается точкой MEP по запросу. Если эта MEP находится на входном порте, то кадр LTM перенаправляется на собственный ответчик элемента сети ETH-LT. Однако если MEP находится на выходном порте, то кадр LTM передается с этого выходного порта. Кадр LTM содержит TLV-идентификатор источника LTM, который идентифицирует элемент сети, инициировавший кадр LTM.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ответчик ETH-LT в [ITU-T Y.1731] не определен; определены только MEP и MIP входного и выходного портов. TLV-идентификатор источника LTM рассматривается в [ITU-T Y.1731] как необязательный.

После передачи кадра LTM с конкретным номером транзакции точка MEP в течение 5 секунд ожидает получения кадров LTR. Следовательно, номер транзакции каждого переданного кадра LTM удерживается в течение как минимум 5 секунд после передачи кадра LTM. Для каждого кадра LTM должен использоваться свой номер транзакции, и ни один номер транзакции не может быть передан повторно от одной и той же MEP в течение минуты.

7.3.2 Прием и перенаправление LTM и передача LTR

Если на MEP или MIP принимается кадр LTM, он перенаправляется в ответчик элемента сети ETH-LT, который выполняет следующую операцию проверки правильности.

- Проверку проходят только LTM-кадры с тем же самым уровнем MEG, к которому относятся принимающие точки MEP или MIP.

- Соответственно проверяется значение поля TTL кадра LTM. Если значение поля TTL равно 0, то кадр LTM отбрасывается. (Значение 0 поля TTL является неправильным значением.)
- После этого кадр LTM проверяется на предмет присутствия TLV-идентификатора источника LTM. Если кадр LTM не содержит TLV-идентификатора источника LTM, он отбрасывается. Следует отметить, что кадр LTM, разработанный в [ITU-T Y.1731], может не содержать TLV-идентификатора источника LTM. В отношении обеспечения совместимости см. Приложение В; то есть TLV кадра LTM может обрабатываться в MIP или MEP, даже если TLV-идентификатор источника LTM отсутствует.

Если кадр LTM действителен, то ответчик ETH-LT выполняет следующее.

- Он определяет адрес получателя для кадра LTR из MAC-адреса источника (OriginMAC) в принятом кадре LTM.
- Если элементу сети известен MAC-адрес получателя (TargetMAC), указанный в кадре LTM, и он связывает его с одним-единственным выходным портом, причем этот выходной порт не является тем же самым, что и входной порт, или кадр LTM завершается на MIP или MEP (когда адрес TargetMAC – собственный MAC-адрес этой MIP или MEP), то кадр LTR передается обратно на инициирующую MEP после некоторого случайного интервала времени от 0 до 1 секунды.
- Кроме того, если вышеописанные состояния выполняются и кадр LTM не завершается в MIP (когда адрес TargetMAC, если он получен MIP, не является собственным адресом этой MIP) и значение поля TTL в кадре LTM больше 1, то кадр LTM перенаправляется на один-единственный выходной порт. Все поля перенаправляемого кадра LTM остаются такими же, как в исходном кадре LTM, за исключением поля TTL, значение которого увеличивается на 1, адреса источника, которым становится собственный MAC-адрес этой MIP, и TLV-идентификатора источника LTM, который указывает элемент сети, передающий модифицированный кадр LTM. Следует отметить, что точки MIP, поддерживающие [ITU-T Y.1731], могут перенаправлять TLV-идентификатор источника LTM как есть. В отношении обеспечения совместимости см. Приложение В.
- Кроме того, когда адрес TargetMAC не совпадает с собственным адресом MEP, если он получен MEP, то кадры LTM всегда завершаются в MEP и MEP не возвращает кадры LTR.

Кадр LTR содержит TLV-идентификатор источника LTR, который указывает источник и пункт назначения LTM, инициировавшего передачу этого LTR. TLV-идентификатор источника LTR содержит поле последнего идентификатора источника, которое указывает на элемент сети, инициировавший или переадресовавший кадр LTM, ответом на который является этот кадр LTR. Это поле принимает то же значение, что и TLV-идентификатор источника LTM этого кадра LTM. TLV-идентификатор источника LTR также содержит поле следующего идентификатора источника, которое указывает на элемент сети, передавший этот кадр LTR, и может передать модифицированный кадр LTM на следующий интервал передачи. Это поле принимает то же значение, что и TLV-идентификатор источника LTM переданного модифицированного кадра LTM, если таковой имеется. Если модифицированный кадр LTM не передан, то бит FwdYes поля флагов в кадре LTM очищается; содержимое следующего идентификатора источника не определено и игнорируется приемником кадра LTR.

Кроме того, если кадр LTM был принят MIP или MEP на входном порте, то кадр LTR содержит ответ на входящий TLV, который описывает MIP или MEP на входном порте.

Аналогично, если кадр LTM не был принят MEP на входном порте и если выходной порт содержит MIP или MEP, то кадр LTR включает в себя ответ на исходящий TLV, который описывает MIP или MEP на выходном порте.

Следует отметить, что в [ITU-T Y.1731] включение как ответа на входящий TLV, так и ответа на исходящий TLV считается необязательным, так что они могут не включаться в кадр LTR этой версии. В отношении обеспечения совместимости см. Приложение В.

7.3.3 Прием LTR

Если кадр LTR принимается точкой MEP с ожидаемым номером транзакции и в течение 5 секунд после передачи кадра LTM, то кадр LTR является правильным. Если MEP принимает кадр LTR с номером транзакции, который не входит в перечень переданных номеров транзакции, сохраняемых на MEP, то кадр LTR является неправильным.

Если MIP принимает адресованный ей кадр LTR, такой кадр LTR является неправильным и эта MIP должна его отбросить.

7.4 Сигнал индикации аварии Ethernet (ETH-AIS)

Функция сигнала индикации аварии Ethernet (ETH-AIS) используется для отключения сигнала аварии, который передается после обнаружения неисправности на (под)уровне сервера. Благодаря наличию независимых возможностей восстановления, предоставляемых протоколом связующего дерева сети (STP), маловероятно, что функция ETH-AIS будет использоваться в состояниях STP.

Передача кадров с информацией ETH-AIS может быть разрешена или отключена на MEP (или на MEP сервера).

Кадры с информацией ETH-AIS могут быть переданы на клиентском уровне MEG точкой MEP, включая MEP сервера, после обнаружения состояний неисправности. Например, состояния неисправности могут в себя включать:

- состояния пропадания сигнала в том случае, когда функция ETH-CC включена;
- состояния AIS или состояния LCK в том случае, когда функция ETH-CC отключена.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Поскольку точка MEP сервера не запускает функцию ETH-CC, то после обнаружения любых состояний пропадания сигнала MEP сервера может передавать кадры с информацией ETH-AIS.

Для многопунктового соединения ETH точка MEP не может определить конкретный объект (под)уровня сервера, который сталкивается с состояниями неисправности после приема кадра с информацией ETH-AIS. Гораздо важнее, что она не может определить связанный набор своих равноправных точек MEP, для которых она должна отключить аварийные сигналы, поскольку принятая информация ETH-AIS этих данных не содержит. Следовательно, после приема кадра с информацией ETH-AIS точка MEP отключит аварийные сигналы для всех равноправных MEP вне зависимости от того, поддерживается ли еще соединение или нет.

Однако для Ethernet-соединения из пункта в пункт у MEP есть только одна равноправная MEP. Следовательно, здесь нет неопределенности относительно равноправной MEP, для которой данная MEP должна отключить аварийные сигналы, когда она примет информацию ETH-AIS.

Только точка MEP, включая MEP сервера, сконфигурирована так, чтобы передавать кадры с информацией ETH-AIS. При обнаружении состояний неисправности MEP может немедленно начать периодическую передачу кадров с информацией ETH-AIS на сконфигурированную MEG уровня клиента. Точка MEP продолжает периодически передавать кадры с информацией ETH-AIS до тех пор, пока состояния неисправности не будут устранены. При приеме кадра с информацией ETH-AIS точка MEP обнаруживает состояние AIS и отключает аварийные сигналы о потере соединения, связанные со всеми ее равноправными MEP. Точка MEP возобновляет передачу аварийного сигнала о потере соединения после обнаружении состояний неисправности "потеря соединения" при отсутствии состояния AIS.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MEP для поддержания передачи ETH-AIS, имеет следующий состав:

- уровень MEG клиента – уровень MEG, на котором существуют ближайшие точки MIP и MEP уровня клиента;
- период передачи ETH-AIS – определяет периодичность передачи кадров с информацией ETH-AIS;
- приоритет – идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-AIS;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-AIS всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой МЕР для поддержания приема ETH-AIS, имеет следующий состав:

- местный уровень MEG – уровень MEG, на котором работает данная МЕР.

Точка МЕР прозрачна для кадров с информацией ETH-AIS и, следовательно, не требуется никакой информации для выполнения функции ETH-AIS.

Протокольным блоком данных (PDU), используемым для передачи информации ETH-AIS, является сигнал индикации аварии, как описано в пункте 9.7. Кадры, в которых передается протокольный блок данных AIS, называются кадрами AIS.

7.4.1 Передача AIS

Точка МЕР после обнаружения состояний неисправности может передавать AIS-кадры в направлении, противоположном направлению на равноправную(ые) ей точку(и) МЕР. Периодичность передачи кадров AIS зависит от периода передачи AIS. Рекомендуется период передачи AIS, равный 1 секунде. Первый кадр AIS должен всегда передаваться сразу же после обнаружения состояний неисправности.

(Под)уровень клиента может состоять из нескольких MEG, которые должны быть оповещены для отключения аварийных сигналов, обусловленных состояниями неисправности, обнаруженными точкой МЕР (под)уровня сервера. Точка МЕР (под)уровня сервера после обнаружения состояний потери сигнала должна передать кадры AIS на каждую из этих MEG (под)уровня клиента. В таких случаях первый кадр AIS для всех MEG (под)уровня клиента должен быть передан в течение 1 секунды после возникновения состояний неисправности.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для выполнения функции ETH-AIS на существующем оборудовании, которое может испытывать чрезвычайную нагрузку, передавая каждую секунду кадры AIS, возможно по всем 4094 виртуальным локальным сетям, поддерживается также и другой период передачи AIS, равный 1 минуте. Кадр AIS сообщает об используемом периоде передачи AIS в поле периода.

7.4.2 Прием AIS

После приема кадра AIS точка МЕР изучает его, чтобы убедиться в том, что его уровень MEG соответствует ее собственному уровню MEG. Поле периода указывает период, с которым можно ожидать появления кадров AIS. После приема кадра AIS МЕР обнаруживает состояния неисправности AIS. После обнаружения состояний неисправности AIS, если в течение интервала, в 3,5 раза превышающего период передачи AIS, указанный в кадрах AIS, принятых ранее, не принято ни одного кадра AIS, то МЕР отменяет состояния неисправности AIS.

7.5 Индикация ошибок на удаленном конце Ethernet (ETH-RDI)

Функция Ethernet индикация ошибок на удаленном конце (ETH-RDI) может использоваться точкой МЕР, для того чтобы сообщить равноправным ей точкам МЕР о состоянии неисправности. Функция ETH-RDI используется только тогда, когда позволена передача ETH-CC.

У функции ETH-RDI есть два следующих применения:

- одностороннее устранение неисправностей – принимающая МЕР обнаруживает состояние неисправности RDI, которое коррелировано с другими состояниями неисправности на данной МЕР и может стать причиной отказа. Отсутствие на одной МЕР принимаемой информации ETH-RDI показывает отсутствие неисправностей во всей MEG;
- содействие контролю качества работы на удаленном конце – это действие отражает тот факт, что на удаленном конце наблюдается состояние неисправности, которое используется как входной сигнал для процесса контроля качества работы.

Точка МЕР, на которой наблюдается состояние неисправности, передает кадры с информацией ETH-RDI. Точка МЕР после приема кадров с информацией ETH-RDI определяет, что на одной из равноправных ей МЕР наблюдается состояние неисправности. Однако для многопунктового соединения ETH точка МЕР, после приема кадров с информацией ETH-RDI, не может определить соответствующий набор равноправных ей МЕР, с которыми точка МЕР, передающая информацию RDI, наблюдает состояние неисправности, поскольку передающая МЕР сама не всегда имеет такую информацию.

Конкретная информация о конфигурации точки МЕР для выполнения функции ETH-RDI имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная МЕР;
- период передачи ETH-RDI – зависит от применения и, по определению, должен быть таким же, как и период передачи ETH-CC;
- приоритет – идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-RDI. Приоритет такой же, как и приоритет ETH-CC;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-RDI всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой.

Точка МIP прозрачна для кадров с информацией ETH-RDI, и, следовательно, не требуется никакой информации для поддержки функции ETH-RDI.

Протокольным блоком данных (PDU), используемым для передачи информации ETH-RDI, является сигнал контроля целостности (CCM), как описано в пункте 9.2.

7.5.1 Передача сигнала контроля целостности (CCM) с информацией ETH-RDI

МЕР после обнаружения состояний неисправности со своей равноправной МЕР устанавливает поле RDI в кадрах CCM на продолжительность состояний неисправности. Кадры CCM, как описано в пункте 7.1.1, передаются периодически с периодом передачи CCM, когда МЕР способна передавать кадры CCM. Когда состояния неисправности устранены, МЕР удаляет поле RDI из кадров CCM в последующих передачах.

7.5.2 Прием сигнала контроля целостности (CCM) с информацией ETH-RDI

После приема кадра CCM МЕР проверяет его, чтобы убедиться в том, что его уровень MEG соответствует его сконфигурированному уровню MEG, и обнаруживает состояние RDI, если установлено поле RDI. Для Ethernet-соединения из пункта в пункт МЕР может удалить состояние RDI, когда она примет от равноправной ей МЕР первый кадр CCM с пустым полем RDI. Для многопунктового соединения ETH МЕР может удалить состояние RDI, когда она примет кадры CCM от всех равноправных ей МЕР из перечня с пустым полем RDI.

7.6 Блокированный сигнал Ethernet (ETH-LCK)

Функция блокированный сигнал Ethernet (ETH-LCK) используется для сообщения об административном блокировании точки МЕР (под)уровня сервера и последующего прерывания передачи трафика в направлении МЕР, которая ждет этот трафик. Она позволяет точке МЕР, принимающей кадры с информацией ETH-LCK, различать состояния неисправности и действия по административному блокированию точки МЕР (под)уровня сервера. Примером применения, для которого могло бы потребоваться административное блокирование точки МЕР, является выполнение испытаний ETH на неработающей сети, как описано в пункте 7.7.

Точка МЕР продолжает периодически передавать кадры с информацией ETH-LCK на сконфигурированном уровне клиента MEG до тех пор, пока не будут устранены состояния административного блокирования/диагностики.

Точка МЕР выделяет кадры с информацией ETH-LCK на своем собственном уровне MEG и обнаруживает состояние LCK, которое вносит свой вклад в состояния отказа МЕР. Состояние пропадания сигнала может привести к передаче кадров AIS на точки МЕР уровня клиента.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой МЕР для выполнения передачи информации ETH-LCK, имеет следующий состав:

- уровень MEG клиента – уровень MEG, на котором существуют ближайшие точки МIP и МЕР уровня клиента;
- период передачи ETH-LCK – определяет периодичность передачи кадров с информацией ETH-LCK;
- приоритет – идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-LCK;

- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-LCK всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MEP для выполнения приема информации ETH-LCK, имеет следующий состав:

- местный уровень MEG – уровень MEG, на котором работает данная MEP.

Точка MIP прозрачна для кадров с информацией ETH-LCK и, следовательно, не требуется никакой информации для выполнения функции ETH-LCK.

PDU, используемым для передачи информации ETH-LCK, является сигнал LCK, как описано в пункте 9.8. Кадры, в которых передается PDU LCK, называются кадрами LCK.

7.6.1 Передача LCK

MEP (сервера), когда она административно заблокирована, передает кадры LCK в каждую из MEG (под)уровня клиента, как показано на рисунке 7.6-1.

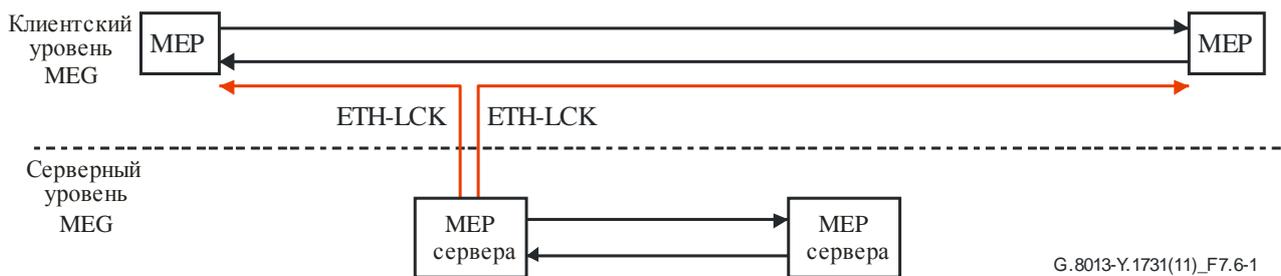


Рисунок 7.6-1 – Пример передачи ETH-LCK

Периодичность передачи кадров LCK зависит от периода передачи LCK. Период передачи LCK равен периоду передачи AIS. Первый кадр LCK всегда должен передаваться сразу после административных/диагностических действий.

(Под)уровень клиента может состоять из нескольких групп объектов обслуживания (MEG), которым необходимо сообщить об отключении аварийных сигналов, в результате специальной конфигурации на MEP (под)уровня сервера, связанной с обслуживанием/диагностикой. MEP (под)уровня сервера, когда она блокируется административно, должна передавать кадры LCK на каждую MEG ее (под)уровня клиента. В таких случаях первый кадр LCK для всех MEG (под)уровня клиента должен быть передан в течение 1 секунды после возникновения состояния неисправности.

7.6.2 Прием LCK

После приема кадра LCK точка MEP проверяет его, чтобы убедиться в том, что его уровень MEG соответствует его сконфигурированному уровню MEG. Поле периода указывает периодичность, с которой можно ожидать кадры LCK. После приема кадра LCK точка MEP обнаруживает состояние LCK. После обнаружения состояния LCK, если за время в 3,5 раза превышающее период передачи LCK, указанный в принятых ранее кадрах LSK, не принято ни одного кадра LCK, MEP отменяет состояния LCK.

7.7 Испытательный сигнал Ethernet (ETH-Test)

Функция Ethernet испытательный сигнал (ETH-Test) используется для выполнения одностороннего диагностического тестирования по запросу как на работающей, так и на неработающей сети. Это тестирование включает в себя проверку ширины полосы пропускания, потери кадров, битовые ошибки и т. д.

Когда MEP сконфигурирована для выполнения таких испытаний, она вводит в поток кадры с информацией ETH-Test, имеющие определенную полосу пропускания, размер кадра и структуры битовых посылок.

Когда выполняется функция ETH-Test на неработающей сети, поток данных клиента на диагностируемом объекте разрывается. Точка МЕР, сконфигурированная для испытаний на неработающей сети, передает кадры LCK, как описано в пункте 7.6, на ближайшем (под)уровне клиента ETH.

Когда выполняется функция ETH-Test на работающей сети, поток данных клиента не разрывается и кадры с информацией ETH-Test передаются таким образом, что используется только ограниченная часть ширины полосы услуги. Для функции ETH-Test на работающей сети эта скорость передачи кадров с информацией ETH-Test predetermined заранее.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для функции ETH-Test на работающей сети максимальная скорость, с которой могут передаваться кадры с информацией ETH-Test без нежелательного воздействия на трафик данных, в настоящей Рекомендации не рассматривается. Она может быть взаимно согласована между пользователем функции ETH-Test и пользователем услуги.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой МЕР для выполнения функции ETH-Test, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная МЕР;
- одноадресный MAC-адрес МЕР, для которой предназначена функция ETH-Test; эта информация настраивается для каждой операции;
- данные – дополнительный элемент, длина и содержание которого определяются на данной МЕР. Содержание может быть испытательной последовательностью и, дополнительно, проверочной суммой. Примерами испытательных последовательностей является PRBS ($2^{31} - 1$), определенная в пункте 5.8 [ITU-T O.150], последовательность "все нули" и т. д. На иницилирующей МЕР требуется конфигурация генератора испытательного сигнала, связанного с данной МЕР. На приемной МЕР требуется конфигурация детектора испытательного сигнала, связанного с данной МЕР;
- приоритет – идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-Test. Эта информация настраивается для каждой операции;
- потеря пригодности – идентифицирует возможность того, чтобы кадры с информацией ETH-test были отброшены, если регистрируется состояние перегрузки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Могут потребоваться дополнительные элементы информации о конфигурации, такие как скорость передачи информации ETH-Test, общая величина интервала сигнала ETH-Test и т. д. Эти дополнительные элементы информации о конфигурации в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

Точка МЕР прозрачна для кадров с информацией ETH-Test и, следовательно, не требуется никакой информации для поддержания функционирования ETH-Test.

Точка МЕР вводит кадры с информацией ETH-Test в направлении на желаемую равноправную МЕР. Приемная МЕР обнаруживает эти кадры с информацией ETH-Test и выполняет требуемые измерения.

PDU, используемым для передачи информации ETH-Test, является сигнал TST, как описано в пункте 9.9. Кадры, в которых передаются PDU TST, называются кадрами TST.

7.7.1 Передача TST

Генератор испытательного сигнала, связанный с МЕР, может передавать кадры TST так часто, как часто они передаются в конфигурации генератора испытательного сигнала. Каждый кадр TST передается с определенным порядковым номером. Для каждого кадра TST должен использоваться свой порядковый номер, и от одной и той же МЕР в течение минуты не может быть передан повторно ни один порядковый номер.

Когда МЕР сконфигурирована для выполнения испытаний на неработающей сети, МЕР также генерирует кадры LCK на ближайшем уровне MEG клиента.

7.7.2 Прием TST

Когда МЕР принимает кадры TST, она изучает их, чтобы убедиться в том, что уровень MEG соответствует ее собственному уровню MEG. Если принимающая МЕР сконфигурирована для выполнения функции ETH-TST, то детектор испытательного сигнала, связанный с данной МЕР, обнаруживает битовые ошибки в псевдослучайной бинарной последовательности принимаемых

кадров TST и сообщает о таких ошибках. Кроме того, когда принимающая МЕР сконфигурирована для выполнения испытаний на неработающей сети, она также генерирует кадры LCK на клиентском уровне MEG.

7.8 Автоматическое защитное переключение Ethernet (ETH-APS)

Функция Ethernet автоматическое защитное переключение (ETH-APS) используется для управления операциями защитного переключения в целях повышения надежности. Подробности операций защитного переключения в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

Тип кадра OAM, используемый для ETH-APS, это кадр APS, как описано в пункте 9.10.

Применение механизмов ETH-APS определяется в [ITU-T G.8031] и [ITU-T G.8032].

7.9 Канал связи для обслуживания Ethernet (ETH-MCC)

Функция Ethernet канал связи для обслуживания (ETH-MCC) обеспечивает формирование служебного канала связи между парой точек МЕР. Канал ETH-MCC может использоваться для дистанционного управления. Специфика применения функции ETH-MCC с OUI, отличным от OUI МСЭ-Т (00-19-A7), в настоящей Рекомендации не рассматривается.

МЕР может передавать кадр с информацией ETH-MCC на равноправную ей МЕР с запросом дистанционного обслуживания, ответом дистанционного обслуживания, уведомлением и т. д.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой МЕР для выполнения функции ETH-MCC, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная МЕР;
- одноадресный MAC-адрес удаленной МЕР, которой предназначена функция ETH-MCC;
- OUI – организационно уникальный идентификатор, используемый для обозначения организации, определяющей конкретный формат и значение функции ETH-MCC;
- данные – дополнительная информация, которая может потребоваться и которая зависит от конкретного применения функции ETH-MCC. Информация, свойственная применению, в настоящей Рекомендации не рассматривается;
- приоритет – идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-MCC. Эта информация настраивается для каждой операции;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-MCC всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой.

Равноправная МЕР после приема кадра с информацией ETH-MCC с правильным уровнем MEG передает информацию ETH-MCC агенту управления, который может дать дополнительный ответ.

Точка MIP прозрачна для кадров с информацией ETH-MCC и, следовательно, не требуется никакой информации для выполнения функции ETH-MCC.

Протокольным блоком данных (PDU), используемым для передачи информации ETH-MCC, является канал связи для обслуживания (MCC), как описано в пункте 9.11. Кадры, в которых ведется передача протокольного блока данных MCC, называются кадрами MCC.

7.10 Экспериментальные функции OAM для Ethernet (ETH-EXP)

Экспериментальные функции OAM для Ethernet (ETH-EXP) используются для экспериментальной работы OAM, которая может временно осуществляться в пределах административного домена. Не ожидается, что экспериментальные функциональные возможности OAM и, соответственно, использование ETH-EXP, содержащих данный OUI, будут функционально совместимыми во всех административных доменах.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Использование в других целях, например когда требуется обработка встроенного SDO-зависимого OUI, нежелательно и не рекомендуется.

Конкретное применение функции ETH-EXP в настоящей Рекомендации не рассматривается.

Для экспериментальной работы OAM может использоваться протокольный блок данных (PDU) EXM, как описано в пункте 9.17, и PDU EXR, как описано в пункте 9.18. Подробности экспериментальных механизмов OAM в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

7.11 Функции OAM, определяемые поставщиком (ETH-VSP)

Функции OAM, определяемые поставщиком (ETH-VSP), используются для обеспечения осуществления функциональных возможностей OAM, определяемых поставщиком, которые могут быть реализованы поставщиком на всей линейке выпускаемого им оборудования. Не ожидается, что определяемые поставщиком функциональные возможности OAM и, соответственно, использование ETH-VSP, содержащих данный OUI, будут функционально совместимыми в оборудовании различных поставщиков.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Использование в других целях, например когда требуется обработка встроенного SDO зависимого OUI, нежелательно и не рекомендуется.

Конкретное применение функции ETH-VSP в настоящей Рекомендации не рассматривается.

Для функций OAM, определяемых поставщиком, может использоваться PDU VSM, как описано в пункте 9.19, и PDU VSR, как описано в пункте 9.20. Подробности механизмов OAM, определяемых поставщиком, в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

7.12 Функция ошибка сигнала клиента Ethernet (ETH-CSF)

Функция ошибка сигнала клиента Ethernet (ETH-CSF) используется MEP для распространения сообщений ETH-CSF равноправным MEP об обнаружении неисправности или ошибки сигнала клиента Ethernet, когда сам клиент не поддерживает необходимые механизмы обнаружения неисправности или ошибки или распространения сообщений о ней, такие как ETH-CC или ETH-AIS. Сообщения ETH-CSF распространяются в направлении от MEP Ethernet, связанной с входным клиентским портом, обнаружившим событие отказа или ошибки, к равноправным MEP Ethernet.

Функция ETH-CSF применима только к транспортным приложениям Ethernet из пункта в пункт. В частности, использование ETH-CSF с [IEEE 802.1Q] или другими сетевыми средами на основе протокола связующего дерева сети (STP) Ethernet строго ограничено сегментами из пункта в пункт потока Ethernet. Использование сообщений об ошибке сигнала клиента для поддержки приложений при отказах клиента описано в Дополнении VIII к [ITU-T G.806].

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MEP для поддержки передачи ETH-CSF, имеет следующий состав:

- локальный уровень MEG – уровень MEG, на котором работает иницирующая MEP;
- период передачи ETH-CSF – определяет периодичность передачи кадров с информацией ETH-CSF;
- приоритет – определяет приоритет кадров с информацией ETH-CSF;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-CSF всегда помечаются как непригодные для отбрасывания.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MEP для поддержки приема ETH-CSF, имеет следующий состав:

- локальный уровень MEG – уровень MEG, на котором работает принимающая MEP.

Точка MIP прозрачна для кадров с информацией ETH-CSF и, следовательно, не требуется никакой информации для выполнения функции ETH-CSF.

В сообщении ETH-CSF также указывается тип ошибки. В настоящее время определены три типа ошибок CSF:

- потеря сигнала клиента (C-LOS);
- индикация дефекта сигнала клиента в прямом направлении (C-FDI);
- индикация дефекта сигнала клиента в обратном направлении (C-RDI).

PDU, используемый для передачи информации ETH-CSF, называется PDU CSF, как описано в пункте 9.21. Кадры, несущие ETH-CSF, также называются кадрами CSF.

7.12.1 Передача CSF

Кадры с информацией ETH-CSF могут выдаваться МЕР после уведомления о событии CSF Ethernet, полученного от соответствующего входного порта клиента. Правила обнаружения событий CSF Ethernet зависят от конкретного клиента и приложения Ethernet.

Передача пакетов с информацией CSF на МЕР может быть включена или отключена.

После приема уведомления CSF Ethernet от входного порта клиента соответствующая МЕР может немедленно начать периодическую передачу кадров с информацией ETH-CSF. МЕР продолжает периодическую передачу кадров с информацией ETH-CSF до отмены индикации CSF Ethernet функцией адаптации источника.

Снятие условия CSF Ethernet зависит от конкретного клиента и приложения Ethernet. Информация о снятии условия CSF Ethernet функцией адаптации источника передается равноправным МЕР посредством:

- неотправления ETH-CSF; или
- передачи PDU ETH-CSF с индикацией снятия условия ошибки клиента (C-DCI).

7.12.2 Прием CSF

После приема кадра CSF с информацией ETH-CSF МЕР объявляет о начале или окончании состояния CSF на удаленном конце Ethernet в зависимости от полученной информации ETH-CSF, как описано в [ITU-T G.8021], и передает это состояние ошибки клиента Ethernet на соответствующий выходной порт клиента. МЕР Ethernet обнаруживает состояние CSF на удаленном конце Ethernet при получении PDU ETH-CSF без информации C-DCI.

Снятие условия CSF на удаленном конце Ethernet клиентом Ethernet обнаруживается, когда:

- кадр ETH-CSF не принят в пределах интервала времени, равного N -кратному периоду передачи CSF в миллисекундах (мс) (предлагаемое значение N равно 3,5); или
- поступает PDU ETH-CSF с индикацией снятия условия ошибки клиента (C-DCI).

Отметим, что последующие действия функции адаптации приемника, связанные с передачей МЕР полученной информации ETH-CSF клиенту Ethernet, определяются конкретным клиентом и приложением Ethernet.

7.13 Уведомление о полосе пропускания Ethernet (ETH-BN)

Функция уведомления о полосе пропускания Ethernet (ETH-BN) используется МЕР сервера для передачи информации о полосе пропускания линии уровня сервера в направлении передачи МЕР на уровне клиента, например, когда уровень сервера работает по линии микроволновой связи, которая может изменять свою полосу пропускания в соответствии с преобладающими атмосферными условиями. Кадры с информацией ETH-BN содержат сведения о текущей и номинальной полосе пропускания линии уровня сервера. При получении кадров с информацией ETH-BN МЕР уровня клиента может использовать информацию о полосе пропускания для настройки правил обслуживания, например, чтобы уменьшить скорость трафика в направлении ухудшившейся линии.

Передача кадров с информацией ETH-BN может быть включена или отключена в точке МЕР сервера. Кадры с информацией ETH-BN может передавать только МЕР сервера.

Когда функция включена, кадры с информацией ETH-BN передаются на клиентском уровне МЕР из МЕР сервера при обнаружении условий ухудшения полосы пропускания. МЕР сервера продолжает периодически передавать кадры с информацией ETH-BN до восстановления полной полосы пропускания. Кроме того, кадры с информацией ETH-BN могут периодически передаваться и тогда, когда ухудшения нет или когда полоса пропускания сокращается до 0.

В многопунктовой клиентской МЕР может потребоваться, чтобы кадры с информацией ETH-BN включали идентификатор порта (Port ID) для определения порта, к которому относится информация ETH-BN. Это необходимо, если точки МЕР сервера разных линий передают кадры с использованием одного и того же MAC-адреса источника.

При получении кадра с информацией ETH-BN МЕР передает полученную информацию в систему управления. Система управления может предпринять дальнейшие действия для уменьшения скорости трафика в направлении ухудшившейся линии или иным образом настроить правила обслуживания этой линии.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Использование ETH-BN для защитного переключения является предметом дальнейшего изучения.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая сервером МЕР для поддержки передачи ETH-BN, имеет следующий состав:

- уровень MEG клиента – уровень MEG, на котором существуют ближайшие точки МІР и МЕР уровня клиента;
- период передачи ETH-BN – определяет периодичность передачи кадров с информацией ETH-BN;
- время удержания – определяет время с момента обнаружения ухудшения до передачи первого кадра с информацией BNM, указывающей на ухудшение (до 10 с);
- приоритет – определяет приоритет кадров с информацией ETH-BN;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-BN всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой;
- идентификатор порта – 32-битовый уникальный идентификатор порта; необходим для многопунктовых MEG, если кадры с информацией ETH-BN о разных портах могут быть идентичными. В противном случае это необязательно. Значение должно быть уникальным по всем линиям сервера в пределах клиентской MEG.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой МЕР для поддержки передачи ETH-BN, имеет следующий состав:

- локальный уровень MEG – уровень MEG, на котором работает данная МЕР.

Точка МІР прозрачна для кадров с информацией ETH-BN и, следовательно, не требуется никакой информации для выполнения функции ETH-BN.

PDU, используемый для информации ETH-BN, представляет собой BNM, как описано в пункте 9.25. Кадры, несущие PDU BNM, называются кадрами BNM.

7.13.1 Передача BNM

При обнаружении условия ухудшения полосы пропускания МЕР сервера может периодически передавать кадры BNM в направлении, противоположном направлению на равноправную ей МЕР сервера, указывая на то, что текущая полоса пропускания меньше номинальной. Процесс передачи кадров BNM показан на рисунке 7.13-1.



G.8013-Y.1731(15)_F7.13-1

ПРИМЕЧАНИЕ. B1 и B2 могут иметь одинаковые или разные значения.

Рисунок 7.13-1 – Пример передачи ETH-BN

Точка МЕР сервера также может периодически передавать кадры BNM, когда ухудшения нет, указывая на то, что текущая и номинальная полосы пропускания одинаковы, или когда порт обнаруживает отказ, указывая на то, что текущая полоса пропускания равна 0.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Когда порт обнаруживает отказ, равноправная МЕР сервера также передает кадры AIS.

При обнаружении изменения полосы пропускания линии передачи первый кадр BNM, указывающий новую полосу пропускания линии передачи, передается по истечении времени удержания (до 10 секунд) с момента обнаружения изменения полосы пропускания линии передачи, если условие сохраняется все это время. Если изменение сохраняется меньше времени удержания, кадр BNM, указывающий на изменение полосы пропускания, не передается.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Ожидается, что уведомления BNM будут использоваться, когда уровень сервера представляет собой линию микроволновой связи с адаптивной модуляцией полосы пропускания. Время удержания используется для предотвращения уведомлений при ухудшении на очень короткое время, вызванного, например, движущимся объектом, пересекающим линию видимости микроволновой линии. Применимость уведомлений BNM к другим технологиям является предметом дальнейшего изучения.

Первые кадры BNM передаются подряд, так что даже если некоторые кадры BNM потеряны или повреждены, возможна надежная и быстрая реакция МЕР-приемника. Интервал и число первых кадров BNM зависят от конкретной реализации.

Периодичность передачи кадров BNM основана на настроенном значении, и это значение также передается в поле периода всех кадров BNM. При обнаружении полного восстановления полосы пропускания или отказа линии после передачи первых кадров BNM МЕР сервера может прекратить периодическую передачу кадров BNM.

Может быть настроена периодическая передача кадров BNM, даже когда нет ухудшения или полного восстановления полосы пропускания. Периодичность основана на том же настроенном значении, что и для периодов ухудшения.

7.13.2 Прием BNM

После получения кадра BNM МЕР проверяет его, чтобы убедиться, что уровень MEG этого кадра соответствует его собственному уровню MEG. В поле периода указывается период, в течение которого может ожидаться прием BNM. MAC-адрес источника, идентификатор порта и информация о полосе пропускания извлекаются и передаются в систему управления. Впоследствии, если кадры BNM не поступают в течение интервала в 3,5 периода передачи BNM, указанного в последнем принятом кадре BNM, МЕР сигнализирует системе управления об отсутствии информации о полосе пропускания (например, вследствие полного восстановления полосы пропускания).

Первые кадры BNM передаются подряд сразу после обнаружения изменения полосы пропускания линии передачи, как описано в пункте 7.13.1. В этом случае кадры BNM принимаются также подряд, чтобы обнаружить изменение полосы пропускания.

7.14 Функция Ethernet ожидаемая ошибка (ETH-ED)

Функция Ethernet ожидаемая ошибка (ETH-ED) используется точкой МЕР для подачи своим равноправным МЕР сигнала о том, что ожидается прерывание передачи кадров ССМ без прерывания кадров данных и, соответственно, последующие сообщения о потере соединения, поступающие в равноправные МЕР, следует игнорировать. Кадры с информацией ETH-ED содержат идентификатор МЕР и ожидаемую продолжительность прерывания.

Кадры с информацией ETH-ED передаются точкой МЕР незадолго до ожидаемого прерывания передачи кадров ССМ, если не ожидается прерывания кадров данных. Примерами могут служить случаи, когда выполняется обновление рабочего программного или микропрограммного обеспечения или когда в существующую группу MEG добавляется новая МЕР.

При получении кадра с информацией ETH-ED МЕР передает полученную информацию функции управления элементами (EMF). Если это разрешено системой управления, EMF может принять меры для отключения приема ССМ и, следовательно, избежать ошибок потери соединения, которые в противном случае были бы активизированы.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Более подробная информация о том, как можно использовать ожидаемые уведомления об ошибках, а также соображения по обработке полученных уведомлений в EMF равноправных МЕР, приводятся в Дополнении IX к [ITU-T G.8021].

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой МЕР для поддержки передачи ETH-ED, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная МЕР;

- идентификатор MEP – идентификатор MEP в составе MEG;
- ожидаемая продолжительность ошибки – время, в течение которого равноправные MEP должны игнорировать сигналы о потере соединения;
- период передачи ETH-ED – определяет периодичность передачи кадров с информацией ETH-ED;
- приоритет – определяет приоритет кадров с информацией ETH-ED;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-ED всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MEP для поддержки приема ETH-ED, имеет следующий состав:

- локальный уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная MEP.

Точка MIP прозрачна для кадров с информацией ETH-ED и, следовательно, не требуется никакой информации для выполнения функции ETH-ED.

PDU, используемый для информации ETH-ED, представляет собой EDM, как описано в пункте 9.26. Кадры, содержащие PDU EDM, называются кадрами EDM.

7.14.1 Передача EDM

MEP может передать один или несколько последовательных кадров EDM незадолго до ожидаемого прерывания передачи кадров CCM или когда передача кадров CCM еще не началась. Передача кадров EDM прекращается с началом прерывания или с началом (восстановлением) нормальной передачи CCM.

7.14.2 Прием EDM

После получения кадра EDM MEP проверяет его, чтобы убедиться, что уровень MEG этого кадра соответствует его собственному уровню MEG. Идентификатор исходной MEP и ожидаемая продолжительность извлекаются и передаются в систему управления.

8 Функции OAM для контроля качества работы

Функции OAM для контроля качества работы позволяют измерить различные параметры качества. Определены функции и методы измерения для соединений ETH из пункта в пункт и многопунктового соединения ETH.

Настоящая Рекомендация описывает следующие параметры качества, основанные на [MEF 10.3].

- **Коэффициент потери кадров**

Коэффициент потери кадров определяется как отношение, выраженное в процентах, количества недоставленных кадров к общему количеству кадров в течение интервала времени T , где число недоставленных кадров – это разность между числом кадров, прибывших ко входной точке потока ETH для доставки к выходной точке потока ETH, и числа кадров, доставленных к выходной точке потока ETH по ETH-соединению из пункта в пункт или многопунктовому ETH-соединению. Коэффициент потери кадров можно измерить с использованием служебных или синтетических кадров, относящихся к одному CoS. Использование синтетических кадров также применимо для многопунктового ETH-соединения. Использование служебных кадров допускается только для ETH-соединений из пункта в пункт, когда все кадры, поступающие на входную точку потока ETH, должны доставляться в выходную точку потока ETH.

- **Задержка кадра**

Задержка кадра может быть выражена как задержка сигнала при передаче в одном направлении для кадра, где задержка кадра в одном направлении определяется как время, прошедшее с того момента, когда узел-источник начал передачу первого бита данного кадра, до момента приема последнего бита того же кадра узлом-получателем. При измерении двусторонней задержки в узле назначения кадра создается петля, и кадр возвращается

в исходный узел-источник. В случае двусторонней передачи имеются четыре временные метки, которые позволяют рассчитывать как односторонние, так и двусторонние задержки. В идеале для набора кадров должна быть доступна средняя односторонняя задержка кадра. Средняя односторонняя задержка кадра определена в [ITU-T Y.1563]. Служебные кадры принадлежат одному и тому же объекту CoS Ethernet-соединения из пункта в пункт или многопунктового соединения EТН.

- **Изменение задержки кадра**

Изменение задержки кадра – это мера изменения величины задержки кадра для пары служебных кадров. Служебные кадры принадлежат одному и тому же объекту CoS Ethernet-соединения из пункта в пункт или многопунктового EТН-соединения.

- **Готовность**

Определение службы Ethernet дано в [ITU-T Y.1563]. Хотя механизмы, определенные в настоящей Рекомендации, могут способствовать проведению измерений, связанных с готовностью, детали методов измерения, приведенных в настоящей Рекомендации, являются предметом дальнейшего изучения.

Параметры качества кадров применимы к кадрам с согласованным уровнем соответствия профилю полосы пропускания с приоритетом X, которые сеть считает непригодными для отбрасывания (так называемые "зеленые" кадры). Такие "зеленые" кадры также называются внутрипрофильными (см. [ITU-T G.8021]). Служебные кадры принимаются на входной точке потока EТН Ethernet-соединения из пункта в пункт сети, тандема или линии связи и должны быть доставлены к выходной точке потока EТН.

Кроме того, определен еще один параметр качества в соответствии с [b-IETF RFC 2544].

- **Пропускная способность**

Пропускная способность – это средняя скорость успешной доставки трафика по каналу связи. Обычно она измеряется при выполнении испытательных измерений, то есть тестирования неработающей сети, когда служебный трафик тестируемой службы Ethernet отсутствует. Методика тестирования Ethernet-услуг на этапе активации службы с использованием тестирования неработающей сети определена в [ITU-T Y.1564]. В этой Рекомендации описаны тесты конфигурации службы, проверяющие профили полосы пропускания и другие атрибуты службы Ethernet. Процедуры, используемые для тестирования неработающей сети, отличные от активации службы Ethernet, также можно найти в [b-IETF RFC 2544]. Процедура тестирования работающей сети является предметом дальнейшего изучения.

8.1 Измерение числа потерянных кадров (EТН-LM)

Функция измерения числа потерянных кадров Ethernet (EТН-LM) используется для сбора значений счетчика входящих и выходящих служебных кадров, когда счетчики подсчитывают число кадров данных, переданных и принятых между парой точек МЕР.

Функция EТН-LM выполняется при помощи передачи кадров с информацией EТН-LM на равноправную МЕР и, аналогично, при помощи приема кадров с информацией EТН-LM от равноправной МЕР. На каждой точке МЕР выполняется измерение числа потерянных кадров, которые увеличивают время неготовности. Поскольку двусторонняя услуга определяется как недоступная, если любое из направлений передачи объявляется недоступным, функция EТН-LM должна содействовать тому, чтобы на каждой МЕР выполнялись измерения числа потерянных кадров на ближнем и удаленном концах линии.

Для МЕР потеря кадров на ближнем конце называется потерей кадров, связанной с входными кадрами данных, тогда как потеря кадров на удаленном конце называется потерей кадров, связанной с выходными кадрами данных. Оба результата измерений числа потерянных кадров на ближнем и удаленном концах увеличивают число секунд, пораженных ошибками на ближнем конце (near-end SES), и число секунд, пораженных ошибками на удаленном конце (far-end SES), соответственно, и оба этих числа вместе увеличивают время неготовности способом, аналогичным тому, что описан в [ITU-T G.826] и [ITU-T G.7710].

MEP поддерживает работу двух следующих местных счетчиков для каждой равноправной ей MEP и для каждого контролируемого класса приоритета объекта обслуживания соединения из пункта в пункт, для которого должны выполняться измерения потерь:

- TxFCI – счетчик для кадров данных, передаваемых в направлении к равноправной MEP;
- RxFCI – счетчик для кадров данных, принимаемых от равноправной MEP.

Счетчики TxFCI и RxFCI не считают кадры OAM, передаваемые или принимаемые точкой MEP на уровне MEG данной MEP при некоторых условиях (см. Примечания). Однако эти счетчики считают кадры OAM от более высоких уровней MEG, которые передаются через данные MEP способом, аналогичным передаче кадров данных.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Как упреждающая функция ETH-LM, так и функция ETH-LM по запросу подсчитывают кадры OAM следующим образом.

Для односторонних ETH-LM подсчитываются кадры OAM, задействованные только упреждающими функциями, используемыми функциями завершения (например, ETH-CC).

Для двусторонних ETH-LM кадры OAM упреждающих функций, используемых функциями завершения, НЕ подсчитываются.

В обоих случаях:

подсчитываются упреждающие кадры OAM, используемые функциями адаптации (например, ETH-APS и ETH-CSF).

Те кадры OAM, которые могут использоваться функциями по запросу (например, ETH-LB, ETH-LT и ETH-LM, ETH-DM и ETH-SLM по запросу), НЕ подсчитываются.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Поскольку кадры OAM для ETH-AIS и ETH-LCK передаются только в условиях ошибки, когда результат измерения потерь недействителен, нет необходимости подсчитывать эти кадры.

Метод измерения потерь, использующий пары последовательных кадров с информацией ETH-LM, как показано в пунктах 8.1.1.2 и 8.1.2.3, сглаживает отсутствие синхронизации между исходными значениями счетчика на иницилирующей и приемной точках MEP. Кроме того, когда MEP обнаруживает состояние отсутствия непрерывности, она игнорирует измерение потерь во время существования состояния неисправности и предполагает, что потери равны 100%.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Уровень точности измерения потерь зависит от того, как кадры с информацией ETH-LM добавляются в поток данных после того, как значения счетчиков скопированы в информацию ETH-LM. Например, если дополнительные кадры данных передаются и/или принимаются в промежутке между моментами считывания показателей счетчиков, то при добавлении в поток данных кадра с информацией ETH-LM значение счетчика, скопированное в информацию ETH-LM, становится неточным. Однако точность может быть повышена за счет применения оборудования, которое способно добавлять кадры с информацией ETH-LM в поток данных сразу же после считывания результирующих значений счетчика.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Подробное описание счетчиков передаваемых и принимаемых кадров содержится в [ITU-T G.8021].

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – В кадрах профилей находятся так называемые "зеленые" кадры, для которых допустимость отбрасывания имеет значение "ложно". Операторы или администраторы сети могут настроить метод кодирования для идентификации "зеленых" кадров. Например, "зеленые" кадры – это те кадры, поле DEI которых имеет значение "ложно", а "желтые" – кадры, в которых это поле имеет значение "истинно". Для такой идентификации могут использоваться PCP или PCP/DEI.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MEP для поддержания функции ETH-LM, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная MEP;
- MAC-адрес одноадресной передачи равноправной MEP, для которой предназначена ETH-LM. Разрешен также MAC-адрес многоадресной передачи класса 1;
- период передачи ETH-LM – исходный период передачи, равный 100 мс (то есть скорость передачи равна 10 кадров в секунду). Период передачи ETH-LM должен быть таким, чтобы счетчики кадров и/или байтов, показания которых передаются в информации ETH-LM, не возвращались циклически к одному и тому же значению даже при потере одного или нескольких кадров ETH-LM. Это особенно важно для измерения числа потерянных кадров на низших уровнях приоритета. Примеры периодов циклического повторения показаний счетчика приведены в пункте II.2;

- приоритет – идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-LM. Эта информация настраивается для каждой операции;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-LM всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой.

Точка MIP прозрачна для кадров с информацией ETH-LM и, следовательно, не требуется никакой информации для выполнения функции ETH-LM.

Функция ETH-LM может быть выполнена двумя способами:

- двусторонняя ETH-LM (см. пункт 8.1.1);
- односторонняя ETH-LM (см. пункт 8.1.2).

8.1.1 Двусторонняя ETH-LM

Двусторонняя ETH-LM используется как профилактическая функция OAM для контроля качества работы, она применима для устранения неисправностей. В таком случае каждая точка MEP периодически передает двунаправленные кадры с информацией ETH-LM на равноправную ей точку MEP соединения из пункта в пункт для измерения числа потерянных кадров на этой равноправной MEP. Каждая точка MEP завершает двунаправленные кадры с информацией ETH-LM и выполняет измерения потерь на ближнем и удаленном концах. Эта функция используется для контроля качества работы на том же уровне приоритета, что используется для функции ETH-CC.

PDU, используемым для передачи двунаправленной информации ETH-LM, является CCM, как описано в пункте 9.2.

8.1.1.1 Передача CCM с двунаправленной информацией ETH-LM

Когда MEP сконфигурирована для профилактического измерения потерь, она периодически передает кадры CCM со следующими информационными элементами:

- TxFCf. TxFCf – это значение местного счетчика TxFCI на момент передачи кадра CCM;
- RxFCb. RxFCb – это значение местного счетчика RxFCI на момент приема последнего кадра CCM от равноправной MEP;
- TxFCb. TxFCb – это значение TxFCf в последнем кадре CCM, принятом от равноправной MEP.

Протокольный блок данных CCM передается со значением – период равен периоду передачи CCM, сконфигурированного для контроля качества работы на передающей MEP. Принимающая MEP обнаруживает неожиданное состояние – ошибка периода, если период передачи CCM не соответствует сконфигурированному значению.

8.1.1.2 Прием CCM с двунаправленным кадром ETH-LM

Когда MEP сконфигурирована для профилактического измерения потерь, MEP после приема кадра CCM использует следующие значения для измерения потерь на ближайшем и удаленном концах:

- значения TxFCf, RxFCb и TxFCb в принятом кадре CCM и значение RxFCI местного счетчика на момент приема этого кадра CCM. Эти значения представлены как TxFCf[t_c], RxFCb[t_c], TxFCb[t_c] и RxFCI[t_c], где t_c – это время приема текущего кадра;
- значения TxFCf, RxFCb и TxFCb предыдущего кадра CCM и значение RxFCI местного счетчика на момент приема предыдущего кадра CCM. Эти значения представлены как TxFCf[t_p], RxFCb[t_p], TxFCb[t_p] и RxFCI[t_p], где t_p – время приема предыдущего кадра:

$$\text{Потеря кадров}_{\text{удаленный конец}} = |\text{TxFCb}[t_c] - \text{TxFCb}[t_p]| - |\text{RxFCb}[t_c] - \text{RxFCb}[t_p]|;$$

$$\text{Потеря кадров}_{\text{ближайший конец}} = |\text{TxFCf}[t_c] - \text{TxFCf}[t_p]| - |\text{RxFCI}[t_c] - \text{RxFCI}[t_p]|.$$

Если значение поля периода в принятом кадре CCM отличается от сконфигурированного для данной MEP периода передачи CCM, то эта MEP обнаруживает неожиданное состояние – ошибка периода.

8.1.2 Односторонняя ETH-LM

Односторонняя ETH-LM используется для выполнения функций OAM по запросу и упреждающих функций OAM. В таком случае MEP передает кадры с информацией запроса ETH-LM на равноправную ей MEP и принимает от равноправной ей MEP кадры с информацией ответа ETH-LM для выполнения измерения потерь.

PDU, используемым для передачи информации одностороннего запроса ETH-LM, является LMM, как описано в пункте 9.12. PDU, используемым для передачи информации одностороннего ответа ETH-LM, является LMR, как описано в пункте 9.13. Кадры, в которых передается PDU LMM, называются кадрами LMM. Кадры, в которых передается PDU LMR, называются кадрами LMR. Одни и те же форматы кадров LMM и LMR могут использоваться для упреждающих ETH-LM и односторонних ETH-LM по требованию. Упреждающие кадры LMM/LMR отличаются от кадров LMM/LMR по требованию значением поля флагов.

8.1.2.1 Передача LMM

При настройке измерения односторонних потерь точка MEP периодически передает LMM-кадры со следующим информационным элементом:

- TxFCf – значение местного счетчика TxFCI на момент передачи кадра LMM.

8.1.2.2 Прием LMM и передача LMR

Всегда, когда точкой MEP принимается правильный кадр LMM, формируется кадр LMR, который передается на иницилирующую MEP. Кадр LMM с правильным уровнем MEG и MAC-адресом пункта назначения, соответствующим MAC-адресу принимающей MEP, считается правильным кадром LMM. Кадр LMR содержит следующие значения:

- TxFCf – значение TxFCf, скопированное из кадра LMM;
- RxFCf – значение местного счетчика RxFCI на момент приема кадра LMM;
- TxFCb – значение местного счетчика TxFCI на момент передачи кадра LMR.

8.1.2.3 Прием LMR

После приема кадра LMR MEP использует следующие значения для выполнения измерения потерь на ближайшем и удаленном концах:

- значения TxFCf, RxFCf и TxFCb в принятом кадре LMR и значение RxFCI местного счетчика на момент приема этого кадра LMR. Эти значения представлены как TxFCf[t_c], RxFCf[t_c], TxFCb[t_c] и RxFCI[t_c], где t_c – это время приема текущего ответного кадра;
- значения TxFCf, RxFCf и TxFCb предыдущего кадра LMR и значение RxFCI местного счетчика на момент приема предыдущего кадра LMR. Эти значения представлены как TxFCf[t_p], RxFCf[t_p], TxFCb[t_p] и RxFCI[t_p], где t_p – время приема предыдущего ответного кадра:

$$\text{Потеря кадров}_{\text{удаленный конец}} = |\text{TxFCf}[t_c] - \text{TxFCf}[t_p]| - |\text{RxFCf}[t_c] - \text{RxFCf}[t_p]|;$$

$$\text{Потеря кадров}_{\text{ближайший конец}} = |\text{TxFCb}[t_c] - \text{TxFCb}[t_p]| - |\text{RxFCI}[t_c] - \text{RxFCI}[t_p]|.$$

8.2 Измерение времени задержки кадра (ETH-DM)

Функция измерения задержки кадра (ETH-DM) может использоваться при выполнении функций OAM по запросу или упреждающих функций OAM для измерения и изменения задержки кадра. Измерения и изменения задержки кадра выполняются во время сеанса упреждающего измерения и/или интервала диагностики при помощи периодической передачи кадров с информацией ETH-DM на равноправную MEP и приема кадров с информацией ETH-DM от равноправной MEP. Каждая точка MEP способна выполнять измерения и изменения задержки кадра.

Когда MEP способна генерировать кадры с информацией ETH-DM, она периодически передает кадры с информацией ETH-DM на равноправную ей MEP в том же самом объекте обслуживания. Когда MEP способна генерировать кадры с информацией ETH-DM, она также ожидает приема кадров с информацией ETH-DM от равноправной MEP в том же самом объекте обслуживания.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой МЕР для поддержания функции ETH-DM, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная МЕР;
- MAC-адрес одноадресной передачи равноправной МЕР, для которой предназначена функция ETH-DM. Для многопунктовых ETH-соединений также разрешен MAC-адрес многоадресной передачи. В случае многопунктовых ETH-соединений МЕР может одновременно активировать несколько функций мониторинга для разных равноправных МЕР. В этом случае каждая МЕР должна управлять результатами мониторинга соответствующей равноправной МЕР;
- назначение DM – определяет назначение, то есть упреждающее измерение задержки или измерение по запросу. Эта информация настраивается для каждой операции. МЕР может активировать упреждающий мониторинг и мониторинг по запросу одновременно на одном и том же уровне CoS и в отношении одной и той же равноправной МЕР. В этом случае каждая МЕР должна управлять результатами мониторинга соответствующей равноправной МЕР;
- данные – необязательный элемент данных, длина которого настраивается в МЕР. Включение необязательного элемента данных в кадр DM необходимо для поддержки настраиваемого размера кадра DM;
- приоритет – идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-DM. Эта информация настраивается для каждой операции. МЕР может активировать несколько функций мониторинга на разных уровнях CoS одновременно. В этом случае каждая МЕР должна управлять результатами мониторинга на соответствующем уровне CoS;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-DM всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой;
- идентификатор теста – может использоваться для выделения каждого измерения DM, если активировано несколько измерений одновременно. Должен быть уникальным по крайней мере в контексте измерения DM любого типа (одностороннего/двустороннего и упреждающего/по запросу) для MEG и иницирующей МЕР.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Могут потребоваться дополнительные элементы информации о конфигурации, такие как скорость передачи информации ETH-DM, суммарный интервал ETH-DM и т. д. Эти дополнительные элементы информации о конфигурации в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

МЕР прозрачна для кадров с информацией ETH-DM и, следовательно, не требуется никакой информации для выполнения функции ETH-DM.

МЕР передает кадры с информацией ETH-DM со следующим информационным элементом:

- TxTimeStampf – метка времени для момента передачи кадра ETH-DM.

Принимающая МЕР может сравнить это значение с RxTimef, временем приема кадра ETH-DM и рассчитать одностороннюю задержку кадра следующим образом:

$$\text{Задержка кадра} = \text{RxTimef} - \text{TxTimeStampf}.$$

Однако для измерения времени односторонней задержки кадра требуется, чтобы время и фаза на иницирующей МЕР и принимающей МЕР были синхронизированы. Для измерения и изменения задержки кадра, которые основаны на разности между последовательными результатами измерений задержки кадра, требования к синхронизации времени и фазы могут быть ослаблены, поскольку не совпадающий по фазе период может быть исключен из вычисления разности между последовательными результатами измерений задержки кадра.

Если синхронизировать часы практически невозможно, что, как ожидается, будет наиболее распространенным явлением, измерение времени задержки кадра можно выполнить только в виде двустороннего измерения, при котором МЕР передает кадр с информацией запроса ETH-DM с меткой времени TxTimeStampf, и принимающая МЕР отвечает, передавая кадр с информацией ответа ETH-DM с меткой времени RxTimeb, скопированной из информации запроса ETH-DM. МЕР, принимающая кадр с информацией ответа ETH-DM, сравнивает значение TxTimeStampf со значением RxTimeb, которое является временем приема кадра с информацией ответа ETH-DM, и вычисляет двустороннюю задержку кадра следующим образом:

$$\text{Задержка кадра} = \text{RxTimeb} - \text{TxTimeStampf}.$$

МЕР может выполнить также измерение двустороннего изменения задержки кадра, используя свою способность вычислять разность между двумя последовательными результатами измерения задержки кадра.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для выполнения более точных измерений двусторонней задержки кадра МЕР, отвечающая на кадр с информацией запроса ETH-DM, может также ввести в информацию ответа ETH-DM две дополнительные метки времени – RxTimeStampf (метка времени для момента приема кадра с информацией запроса ETH-DM) и TxTimeStampb (метка времени для момента передачи кадра с информацией ответа ETH-DM).

Функция ETH-DM может быть выполнена двумя способами:

- двухпунктовая функция ETH-DM (см. пункт 8.2.1);
- однопунктовая функция ETH-DM (см. пункт 8.2.2).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В предыдущих версиях этой Рекомендации двухпунктовые (dual-ended) ETH-DM и однопунктовые (single-ended) ETH-DM назывались соответственно односторонними (one-way) ETH-DM и двусторонними (two-way) ETH-DM.

8.2.1 Двухпунктовая ETH-DM

В таком случае каждая точка МЕР передает кадры с информацией двухпунктовой ETH-DM на равноправную ей МЕР для упрощения измерения односторонней задержки кадра и/или одностороннего изменения задержки кадра на равноправной МЕР.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если часы на двух этих МЕР синхронизированы, то можно выполнить измерение времени односторонней задержки кадра; в противном случае можно выполнить только измерение изменения односторонней задержки кадра.

Протокольным блоком данных (PDU), используемым для передачи информации двухпунктовой ETH-DM, является 1DM, как описано в пункте 9.14. Кадры, в которых передается PDU 1DM, называются кадрами 1DM. Тот же формат кадра 1DM может использоваться и для двухпунктовых ETH-DM – упреждающих и по требованию. Упреждающий кадр 1DM отличается от кадра 1DM по требованию значением поля флагов.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В предыдущих версиях этой Рекомендации двухпунктовая (dual-ended) ETH-DM называлась односторонней (one-way).

8.2.1.1 Передача 1DM

Когда МЕР сконфигурирована для двухпунктовой ETH-DM, она периодически передает кадры 1DM со значением TxTimeStampf. МЕР может использовать TLV идентификатора теста и/или TLV данных. МЕР использует TLV идентификатора теста, содержащий идентификатор теста, который применяется для одновременного выполнения нескольких тестов, если выбрана такая конфигурация. МЕР использует TLV данных, когда выбрана конфигурация измерения задержки и изменения задержки для разных размеров кадра.

8.2.1.2 Прием 1DM

Когда МЕР сконфигурирована для двухпунктовой ETH-DM, МЕР после приема правильного кадра 1DM использует следующие значения для выполнения измерения времени односторонней задержки кадра. Кадр 1DM с допустимым уровнем MEG и MAC-адресом пункта назначения, соответствующим MAC-адресу принимающей МЕР или MAC-адресу многоадресной передачи класса 1, считается правильным кадром 1DM. Эти значения служат в качестве входных данных для измерения изменения односторонней задержки кадра:

- значение метки времени TxTimeStampf в кадре 1DM;
- время RxTimef, которое является временем приема кадра 1DM:

$$\text{Задержка кадра}_{\text{односторонняя}} = \text{RxTimef} - \text{TxTimeStampf}.$$

8.2.2 Однопунктовая ETH-DM

МЕР передает кадры с информацией запроса ETH-DM на равноправную ей МЕР и принимает от равноправной ей МЕР кадры с информацией ответа ETH-DM для выполнения измерения двусторонней задержки кадра и двустороннего изменения задержки кадра. Если на равноправной МЕР поддерживаются две необязательных метки времени RxTimeStampf и TxTimeStampb,

то результаты измерения односторонней задержки кадра и изменения односторонней задержки кадра могут быть рассчитаны по одной и той же информации запроса/ответа ETH-DM.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Что касается односторонних измерений, если тактовые сигналы двух МЕР синхронизированы, то может быть выполнено измерение односторонней задержки кадра. В противном случае может быть выполнено только измерение изменения односторонней задержки кадра.

PDU, используемым для передачи информации запроса ETH-DM, является DMM, как описано в пункте 9.15. PDU, используемым для передачи информации ответа ETH-DM, является DMR, как описано в пункте 9.16. Кадры, в которых передается PDU DMM, называются кадрами DMM. Кадры, в которых передается PDU DMR, называются кадрами DMR. Одни и те же форматы кадров DMM и DMR могут использоваться для упреждающих ETH-DM и однопунктовых ETH-DM по требованию. Упреждающие кадры DMM/DMR отличаются от кадров DMM/DMR по требованию значением поля флагов.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В предыдущих версиях этой Рекомендации однопунктовая (single-ended) ETH-DM называлась двусторонней (two-way).

8.2.2.1 Передача DMM

Когда МЕР сконфигурирована для однопунктовой ETH-DM, МЕР периодически передает DMM-кадры со значением TxTimeStampf. МЕР может использовать TLV идентификатора теста и/или TLV данных. МЕР использует TLV идентификатора теста, содержащий идентификатор теста, который используется для одновременного выполнения нескольких тестов, если выбрана такая конфигурация. МЕР использует TLV данных, когда выбрана конфигурация измерения задержки и изменения задержки для разных размеров кадра.

8.2.2.2 Прием DMM и передача DMR

Всегда, когда точкой МЕР принимается правильный кадр DMM, формируется и передается на иницилирующую МЕР кадр DMR. Кадр DMM с правильным уровнем MEG и MAC-адресом пункта назначения, соответствующим MAC-адресу отвечающей МЕР или MAC-адресу многоадресной передачи класса 1, считается правильным кадром DMM. Каждое поле в кадре DMM копируется в кадр DMR, за исключением:

- MAC-адрес источника копируется в MAC-адрес пункта назначения и заменяется MAC-адресом МЕР;
- значение поля OpCod изменено с DMM на DMR.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Дополнительно в кадре DMR могут использоваться две дополнительные метки времени для учета времени обработки на отвечающей МЕР – RxTimeStampf (метка времени для момента приема кадра DMM) и TxTimeStampb (метка времени для момента передачи кадра DMR).

8.2.2.3 Прием DMR

После приема кадра DMR МЕР использует следующие значения для вычисления двусторонней задержки кадра. Это значение служит входным сигналом для измерения двустороннего изменения задержки кадра:

- значение метки времени TxTimeStampf в кадре DMR;
- RxTimeb – время приема кадра DMR:
Задержка кадра_{двусторонняя} = RxTimeb – TxTimeStampf.

Если в кадре DMR передаются дополнительные метки времени t , которые определяются ненулевыми значениями полей RxTimeStampf и TxTimeStampb, односторонняя и двусторонняя задержка кадра рассчитываются следующим образом:

$$\text{Задержка кадра}_{\text{двусторонняя}} = (\text{RxTimeb} - \text{TxTimeStampf}) - (\text{TxTimeStampb} - \text{RxTimeStampf});$$

$$\text{Задержка кадра}_{\text{односторонняя на удаленном конце}} = \text{RxTimeStampf} - \text{TxTimeStampf};$$

$$\text{Задержка кадра}_{\text{односторонняя на ближайшем конце}} = \text{RxTimeb} - \text{TxTimeStampb}.$$

8.3 Измерение пропускной способности

В [b-IETF RFC 2544] определяется измерение пропускной способности при помощи передачи кадров с возрастающей скоростью (вплоть до теоретического максимума), отображения процента принятых кадров и определения скорости, на которой начинается отбрасывание кадров. Как правило, эта скорость зависит от размера кадра.

Механизмы, определенные в настоящей Рекомендации, например функция одноадресной ETH-LB (например, кадры LBM и LBR с полем данных) и функция ETH-Test (например, кадры TST с полем данных), могут использоваться для измерения пропускной способности. Точка MEP может ввести кадры TST или кадры LBM с заранее определенным размером, последовательностью битов и т. д. на определенной скорости для оценки пропускной способности и для выполнения односторонних или двусторонних измерений.

8.4 Измерение синтетических потерь (ETH-SLM)

Измерение синтетических потерь – это механизм измерения потери кадров с использованием синтетических кадров, а не трафика данных. Соответственно рассчитывается количество отправленных и принятых и количество потерянных синтетических кадров. Это можно рассматривать как статистическую выборку и использовать для аппроксимации коэффициента потери кадров для трафика данных.

Функция ETH-SLM собирает счетчики, чтобы вести счет переданных и полученных синтетических кадров между несколькими MEP.

ETH-SLM используется для выполнения тестов по требованию или упреждающих тестов путем отправки конечного числа кадров с информацией ETH-SLM одной или нескольким равноправным MEP и, аналогичным образом, приема кадров с информацией ETH-SLM от равноправных MEP. Затем каждая MEP выполняет измерение потерь кадров, по которым определяется время неготовности. Поскольку двунаправленная услуга определяется как недоступная, если объявлено недоступным одно из двух направлений, ETH-SLM должна обеспечить измерение потери синтетических кадров на ближайшем и удаленном концах соединения для каждой MEP.

MEP поддерживает следующие локальные счетчики для каждого идентификатора теста и каждой контролируемой равноправной MEP в ME, для которого выполняется измерение потерь:

- TxFCI – количество синтетических кадров, переданных равноправной MEP, часть данного идентификатора теста. Иницирующая MEP увеличивает это число при успешной передаче синтетических кадров с информацией запроса ETH-SLM, а отвечающая MEP увеличивает его при успешной передаче синтетических кадров с информацией ответа ETH-SLM;
- RxFCI – количество синтетических кадров, принятых от равноправной MEP, часть данного идентификатора теста. Иницирующая MEP увеличивает это число при успешном приеме синтетических кадров с информацией ответа ETH-SLM, а отвечающая MEP увеличивает его при успешном приеме синтетических кадров с информацией запроса ETH-SLM.

Метод измерения потерь предусматривает последовательность кадров с возрастающими значениями TxFCI с информацией ETH-SLM, как указано в пунктах 8.4.1 и 8.4.2.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Синхронизация значений идентификаторов теста между иницирующей и отвечающей MEP не требуется, поскольку идентификатор теста настроен в иницирующей MEP, а отвечающая MEP использует идентификатор теста, полученный от иницирующей MEP. Вопрос о выделении и освобождении ресурсов локальных счетчиков для каждого идентификатора теста в отвечающей MEP в настоящей Рекомендации не рассматривается.

Конкретная информация о конфигурации, требуемая точкой MEP для поддержки функции ETH-SLM, имеет следующий состав:

- уровень MEG – уровень MEG, на котором существует данная MEP;
- данные – необязательный элемент данных, длина которого настраивается в MEP. Включение необязательного элемента данных в кадр SLM необходимо для поддержки настраиваемого размера кадра SLM;
- MAC-адрес пункта назначения – идентифицирует целевую равноправную MEP;

- идентификатор теста (Test ID) – используется для идентификации каждого измерения SLM, поскольку для данной пары CoS и MEP может быть активировано несколько измерений одновременно. Он должен быть уникальным по крайней мере в контексте любого измерения SLM для MEG и иницирующей MEP;
- приоритет – определяет приоритет кадров с информацией ETH-SLM. Эта информация настраивается для каждой операции;
- потеря пригодности – кадры с информацией ETH-SLM всегда помечаются как непригодные для отбрасывания. Эта информация может быть ненастраиваемой.

Точка MIP прозрачна для кадров с информацией ETH-SLM и, следовательно, не требуется никакой информации для выполнения функции ETH-SLM.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Поскольку функция ETH-SLM представляет собой метод выборки, она неизбежно менее точна, чем подсчет служебных кадров. Кроме того, точность зависит от количества используемых кадров SLM или периода передачи кадров SLM. Вопрос о количестве кадров SLM или периоде передачи кадров SLM в настоящей Рекомендации не рассматривается, но некоторые примеры точности приведены для справок в Дополнении VI.

8.4.1 Однопунктовая ETH-SLM

Однопунктовая ETH-SLM используется для упреждающих функций OAM или функций OAM по запросу. Она выполняет измерение синтетических потерь для ETH-соединений из пункта в пункт и многопунктовых ETH-соединений. Эта функция позволяет MEP инициировать и сообщать результаты измерения потерь на удаленном и ближнем концах соединений, связанных с одним или несколькими равноправными MEP в составе одной и той же MEG.

Выбор измерения по запросу или упреждающего измерения осуществляется функцией управления, которая инициирует тест, однако эта информация является локальной и ее передача в PDU не требуется.

При однопунктовой работе MEP передает кадры с информацией запроса ETH-SLM своим равноправным MEP и принимает кадры с информацией ответа ETH-SLM от равноправных MEP для измерения синтетических потерь.

PDU, используемый для запроса однопунктовой ETH-SLM, представляет собой SLM, как описано в пункте 9.22. PDU, используемый для ответа однопунктовой ETH-SLM, представляет собой SLR, как описано в пункте 9.23. Кадры, содержащие PDU SLM, называются кадрами SLM. Кадры, содержащие PDU SLR, называются кадрами SLR.

8.4.1.1 Передача SLM

MEP периодически передает кадры SLM со следующими информационными элементами:

- идентификатор теста. Идентификатор теста – это значение, содержащее номер, настроенный MEP, который используется для одновременного выполнения нескольких тестов;
- идентификатор исходной MEP. Идентификатор исходной MEP – это собственный идентификатор MEP внутри MEG;
- TxFCf. TxFCf – это назначение локального счетчика TxFCI на момент передачи кадра SLM;
- TxFCb. TxFCb всегда равно нулю. Зарезервировано для передачи SLR.

8.4.1.2 Прием SLM и передача SLR

Всякий раз когда MEP принимает правильный кадр SLM, она создает кадр SLR и передает его на иницирующую MEP. Кадр SLM с допустимым уровнем MEG и MAC-адресом пункта назначения, соответствующим MAC-адресу отвечающей MEP или MAC-адресу многоадресной передачи класса 1, считается правильным кадром SLM. Каждое поле кадра SLM копируется в кадр SLR, за следующими исключениями:

- MAC-адрес источника копируется в MAC-адрес пункта назначения и заменяется MAC-адресом MEP;
- значение OpCode изменяется с SLM на SLR;

- идентификатор отвечающей МЕР – собственный идентификатор МЕР внутри МЕГ;
- TxFcB – значение локального счетчика RxFcI на момент передачи кадра SLR.

Отметим, что RxFcI в ответчике равен количеству полученных SLM-кадров, а также количеству отправленных кадров SLR, так как кадр SLR генерируется каждый раз, когда принимается кадр SLM. Другими словами, в ответчике $RxFcI = TxFcI$.

8.4.1.3 Прием SLR

После передачи кадра SLM (с данным значением TxFcI) МЕР ожидает получения соответствующего кадра SLR (с тем же значением TxFcI) от равноправной (равноправных) МЕР. В режиме "по требованию" кадры SLR, полученные более чем через 5 секунд после команды, завершившей измерение SL, должны быть отброшены, как указано в [ITU-T G.8021].

По информации, содержащейся в кадрах SLR, МЕР определяет потери кадров за данные периоды измерения. Период измерения – это интервал времени, в течение которого количество переданных кадров SLM статистически адекватно для проведения измерения с заданной точностью (см. Дополнение VI). Для определения потери кадров на ближайшем и удаленном концах соединения за период измерения МЕР использует следующие значения:

- значения TxFcI и TxFcB последнего полученного кадра SLR и локального счетчика RxFcI в конце периода измерения. Эти значения представлены как TxFcI[t_c], TxFcB[t_c] и RxFcI[t_c], где t_c – время окончания периода измерения;
- значения TxFcI и TxFcB первого полученного кадра SLR после начала теста и значение локального счетчика RxFcI в начале периода измерения. Эти значения представлены как TxFcI[t_p], TxFcB[t_p] и RxFcI[t_p], где t_p – время начала периода измерения:

Потеря кадров_{удаленный конец} = $|TxFcI[t_c] - TxFcI[t_p]| - |TxFcB[t_c] - TxFcB[t_p]|$;

Потеря кадров_{ближайший конец} = $|TxFcB[t_c] - TxFcB[t_p]| - |RxFcI[t_c] - RxFcI[t_p]|$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если в конце периода измерения имеются SLM, для которых в течение периода ожидания не были получены соответствующие SLR (то есть SLM с порядковыми номерами, превышающими порядковый номер последнего полученного кадра SLR), то определить, были ли они потеряны на ближайшем или на удаленном конце соединения, невозможно.

8.4.2 Двухпунктовая ETH-SLM

Двухпунктовая ETH-SLM может использоваться для выполнения функций OAM по запросу и упреждающих функций OAM. Она выполняет измерение потерь для ETH-соединений из пункта в пункт и многопунктовых ETH-соединений. Эта функция позволяет МЕР в составе МЕГ периодически передавать двухпунктовые кадры с информацией ETH-SLM своим равноправным МЕР для измерения потери кадров со стороны равноправной МЕР. Принимающая МЕР останавливает двухпунктовые кадры и производит измерение потерь на ближайшем конце.

Выбор измерения по запросу или упреждающего измерения осуществляется функцией управления, которая инициирует тест, однако эта информация является локальной и ее передача в PDU не требуется.

Двухпунктовая ETH-SLM подходит, когда необходимо и целесообразно измерить однонаправленный FLR от каждой МЕР во все равноправные МЕР (например, измерение соединений каждого с каждым).

PDU, используемый для информации двухпунктовой ETH-SLM, представляет собой 1SL, как описано в пункте 9.24. Кадры, содержащие PDU 1SL, называются кадрами 1SL.

8.4.2.1 Передача 1SL

Когда МЕР настроена для двухпунктовой работы, она периодически передает кадры 1SL со следующими информационными элементами:

- идентификатор теста. Идентификатор теста – это значение, содержащее номер, настроенный МЕР, который используется для одновременного выполнения нескольких тестов;
- идентификатор исходной МЕР. Идентификатор исходной МЕР – это собственный идентификатор МЕР внутри МЕГ;
- TxFcI. TxFcI – это значение локального счетчика RxFcI на момент передачи кадра 1SL.

PDU ISL передается с периодом, равным периоду передачи ISL, настроенному для приложения контроля характеристик в передающей MEP.

8.4.2.2 Прием ISL

После получения правильного кадра ISL MEP, настроенная на измерение односторонней синтетической потери кадров, использует для этого следующие значения. Кадр ISL с допустимым уровнем MEG и MAC-адресом пункта назначения, соответствующим MAC-адресу принимающей MEP или MAC-адресу многоадресной передачи класса 1, считается правильным кадром ISL.

Всякий раз, когда MEP принимает правильный кадр ISL с заданным значением TxFCf, она ожидает получения следующего кадра ISL (значение TxFCf увеличивается на единицу).

Для определения потери кадров на ближайшем конце соединения за период измерения MEP использует следующие значения:

- последнее полученное значение TxFCf кадра ISL и значение локального счетчика RxFCI в конце периода измерения. Эти значения представлены как TxFCf[t_c] и RxFCI[t_c], где t_c – время окончания периода измерения;
- значение TxFCf кадра ISL первого полученного ISL после начала теста и значение локального счетчика RxFCI в начале периода измерения. Эти значения представлены как TxFCf[t_p] и RxFCI[t_p], где t_p – время начала периода измерения:

$$\text{Потеря кадров}_{\text{ближайший конец}} = | \text{TxFCf}[t_c] - \text{TxFCf}[t_p] | - | \text{RxFCI}[t_c] - \text{RxFCI}[t_p] |.$$

9 Типы протокольных блоков данных (PDU) OAM

В настоящем разделе описываются информационные элементы и форматы для различных типов протокольных блоков данных (PDU) OAM, используемых для удовлетворения потребностей функций OAM, описанных в разделах 7 и 8.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Когда значения полей в PDU OAM зафиксированы, то в последующих разделах они показаны в скобках в форматах PDU OAM.

9.1 Общие информационные элементы OAM

Некоторые информационные элементы являются общими для протокольных блоков данных OAM, которые определяются в настоящей Рекомендации. Это следующие информационные элементы.

- уровень MEG. Уровень MEG – это 3-битовое поле. Оно содержит целочисленное значение, которое идентифицирует уровень MEG данного PDU OAM. Значения лежат в пределах 0–7;
- версия. Версия – это 5-битовое поле. Оно содержит целочисленное значение, которое идентифицирует версию протокола OAM. В разделе 11 обсуждаются особенности проверки и контроля версий PDU OAM в отношении этого поля;
- OpCode. OpCode – это 1-байтовое поле. Оно содержит код OpCode, который идентифицирует тип PDU OAM. OpCode используется для идентификации оставшегося контента в PDU OAM. Значения этого информационного поля показаны в таблице 9-1;
- флаги. Флаги – это 8-битовое поле. Использование битов этого поля зависит от типа PDU OAM;
- сдвиг параметра "тип, длина и значение". Сдвиг TLV – это 1-байтовое поле. Оно содержит сдвиг первого TLV в протокольном блоке данных OAM относительно поля сдвига TLV. Значение этого поля связано с типом PDU OAM. Когда сдвиг TLV равен 0, он указывает на первый байт, следующий после поля сдвига TLV.

Другие информационные элементы, которые не представлены в протокольных блоках данных OAM, но передаются в кадрах, содержащих протокольные блоки данных OAM, включают в себя:

- приоритет – приоритет идентифицирует приоритет конкретного кадра OAM;
- потерю пригодности – потеря пригодности идентифицирует потерю пригодности конкретного кадра OAM.

Таблица 9-1 – Значения поля OpCode

Значения OpCode	Тип PDU OAM	Соответствие поля OpCode для MEP/MIP
Значения OpCode, общие с IEEE 802.1		
1	CCM	MEP
3	LBM	MEP и MIP (проверка соединения)
2	LBR	MEP и MIP (проверка соединения)
5	LTM	MEP и MIP
4	LTR	MEP и MIP
0, 6–31, 64–255	Зарезервировано (Примечание 1)	
Значения OpCode, присущие настоящей Рекомендации		
32	GNM (Примечание 4)	MEP
33	AIS	MEP
35	LCK	MEP
37	TST	MEP
39	Линейное APS	См. [ITU-T G.8031]
40	Кольцевое APS	См. [ITU-T G.8032]
41	MCC	MEP
43	LMM	MEP
42	LMR	MEP
45	IDM	MEP
47	DMM	MEP
46	DMR	MEP
49	EXM	В настоящей Рекомендации не рассматривается
48	EXR	В настоящей Рекомендации не рассматривается
51	VSM	В настоящей Рекомендации не рассматривается
50	VSR	В настоящей Рекомендации не рассматривается
52	CSF	MEP
53	ISL	MEP
55	SLM	MEP
54	SLR	MEP
34, 36, 38, 44, 60–63	Зарезервированы (Примечание 2)	
56–59	Зарезервированы (Примечание 3)	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Зарезервировано для определения стандартом IEEE 802.1.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Зарезервировано для будущей стандартизации МСЭ-Т.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Зарезервировано для определения MEP. Определение в настоящей Рекомендации не рассматривается.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Общее уведомляющее сообщение (GNM) PDU используется для переноса других PDU OAM с использованием значений Sub-Opcode, приведенных в таблице 9-1а.</p>		

9.1.1 Общий формат протокольных блоков данных OAM

Общий формат, используемый во всех PDU OAM, показан на рисунке 9.1-1.

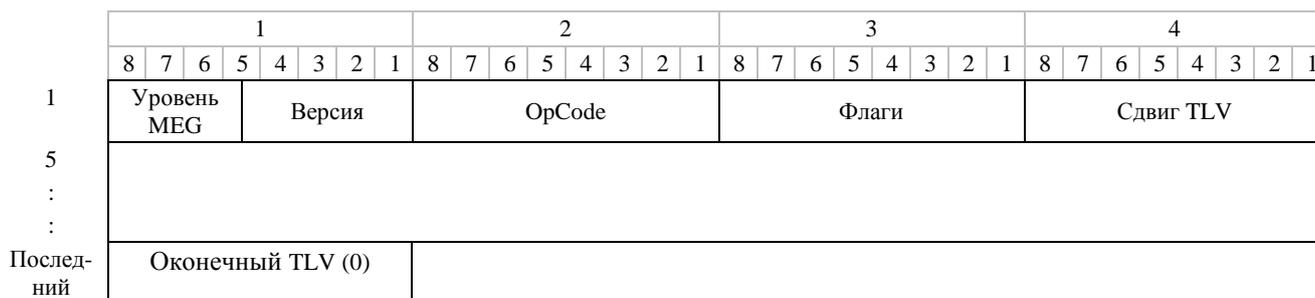


Рисунок 9.1-1 – Общий формат протокольных блоков данных OAM

Когда используется OpCode 32 (GNM), за полем смещения TLV следует дополнительное однобайтовое поле Sub-OpCode. Значения Sub-OpCode приведены в таблице 9-1a.

Таблица 9-1a. – Значения Sub-OpCode

Значения Sub-OpCode	Тип PDU OAM
1	BNM
0, 2–255	Зарезервировано (Примечание)
ПРИМЕЧАНИЕ. – Зарезервировано для будущей стандартизации МСЭ-Т.	

Общий формат TLV показан на рисунке 9.1-2. Значения типов определены в таблице 9-2.

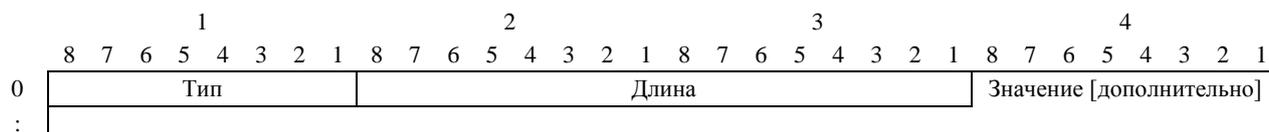


Рисунок 9.1-2 – Общий формат TLV

ПРИМЕЧАНИЕ. – В окончательном TLV поле типа равно 0, а поля длины и значения не используются.

Таблица 9-2 – Значения типов

Значение типа	Название TLV
Типы, общие с IEEE 802.1	
0	Оконечный TLV
3	Информационный TLV
5	Вход ответа TLV
6	Выход ответа TLV
7	TLV-идентификатор источника LTM
8	TLV-идентификатор источника LTR
2, 4, 9–31, 64–255	Зарезервировано (Примечание 1)
Типы, присущие настоящей Рекомендации	
32	TLV испытательного сигнала

Таблица 9-2 (окончание)

Значение типа	Название TLV
33–35	Зарезервировано (Примечание 2)
36	TLV идентификатора теста
37, 38	Зарезервировано (Примечание 3)
39–63	Зарезервировано (Примечание 4)
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Зарезервировано для определения стандартом IEEE 802.1. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Зарезервировано для определения Рекомендацией [ITU-T G.8113.1]. ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Зарезервировано для определения MEF. Определение в настоящей Рекомендации не рассматривается. ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Зарезервировано для будущей стандартизации МСЭ-Т.	

9.2 Протокольный блок данных ССМ

ССМ используется для поддержания выполнения функции ETH-CC, как описано в пункте 7.1, функции ETH-RDI, как описано в пункте 7.5, и двусторонней функции ETH-LM, как описано в пункте 8.1.1.

9.2.1 Информационные элементы ССМ

Информационные элементы, передаваемые в ССМ для поддержания выполнения функции ETH-CC, таковы:

- **Period.** Период – это 3-битовый информационный элемент, передаваемый в трех младших битах поля флагов. Период содержит значение периода передачи ССМ, определяемого на источнике ССМ. Значения поля периода ССМ определены в таблице 9-3;
- **MEG ID.** Идентификатор MEG – это 48-байтовое поле, которое содержит ID MEG группы объектов обслуживания, которой принадлежит точка MEP, передающая кадр ССМ. См. Приложение А;
- **ID MEP.** Идентификатор MEP – это 2-байтовое поле, в котором 13 младших битов используются для идентификации MEP, передающей кадр ССМ. ID MEP является уникальным в пределах одной MEG.

Информационный элемент, передаваемый в ССМ для поддержания выполнения функции ETH-RDI, это:

- **RDI.** RDI – это 1-битовый информационный элемент, передаваемый в старшем бите поля флагов. Когда бит RDI равен 1, обнаружение неисправности указывается передающей точкой MEP. Когда бит RDI равен 0, передающая точка MEP ничего не сообщает об обнаружении неисправности.

Информационные элементы, передаваемые в ССМ для поддержания выполнения двусторонней функции ETH-LM, представляют собой:

- **TxFCf.** TxFCf – это 4-байтовое поле, содержащее значение счетчика кадров данных, переданных точкой MEP в направлении равноправной ей MEP, на момент передачи кадра ССМ;
- **RxFCb.** RxFCb – это 4-байтовое поле, содержащее значение счетчика кадров данных, принятых точкой MEP от равноправной ей MEP, на момент приема последнего кадра ССМ от равноправной ей MEP;
- **TxFCb.** TxFCb – это 4-байтовое поле, содержащее значение поля TxFCf в последнем кадре ССМ, принятом точкой MEP от равноправной ей MEP.

9.2.2 Формат протокольного блока данных ССМ

Формат протокольного блока данных (PDU), используемый МЕР для передачи информации ССМ, показан на рисунке 9.2-1.

1		2					3					4																			
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень МЕР	Версия (0)					OpCode (ССМ = 1)					Флаги					Сдвиг TLV (70)														
5	Порядковый номер (0)																														
9	ID МЕР																														
13	ID МЕР (48 байтов)																														
17																															
21																															
25																															
29																															
33																															
37																															
41																															
45																															
49																															
53															TxFCf																
57															TxFCf																
61	TxFCf														RxFCb																
65	RxFCb														TxFCb																
69	TxFCb														Зарезервировано (0)																
73	Зарезервировано (0)														Конец TLV (0)																

Рисунок 9.2-1 – Формат протокольного блока данных ССМ

В формате протокольного блока данных ССМ имеются следующие поля:

- уровень МЕР – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1, в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = ССМ (1);
- флаги – для PDU ССМ два информационных элемента в поле флагов – RDI и период имеют следующий вид:

Старший				Младший			
8	7	6	5	4	3	2	1
RDI		Зарезервировано (0)				Период	

Рисунок 9.2-2 – Формат поля флагов в PDU ССМ

- RDI – для обозначения RDI бит 8 установлен в 1, в противном случае он установлен в 0;
- период – биты 3–1 обозначают период передачи, значения кодов показаны в таблице 9-3;

Таблица 9-3 – Значение периода ССМ

Флаги [3:1]	Значение периода	Примечания
000	Недопустимое значение	Недопустимое значение для протокольных блоков данных ССМ
001	3,33 мс	300 кадров в секунду
010	10 мс	100 кадров в секунду
011	100 мс	10 кадров в секунду
100	1 с	1 кадр в секунду
101	10 с	6 кадров в минуту
110	1 мин	1 кадр в минуту
111	10 мин	6 кадров в час

- сдвиг TLV – установлен в 70;
- порядковый номер – для настоящей Рекомендации это поле установлено в значение все-НУЛИ;
- ID MEG – 13-битовое целочисленное значение, идентифицирующее передающую MEG внутри данной MEG. Три старших бита первого байта не используются и установлены в НОЛЬ:

Старший								Младший							
Байт 9								Байт 10							
8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
0	0	0													
ID MEG															

Рисунок 9.2-3 – Формат идентификатора MEG в протокольном блоке данных ССМ

- ID MEG – 48-байтовое поле. Формат, используемый для поля ID MEG, описан в Приложении А;
- TxFCf, TxFCb, RxFCb – 4-байтовые целочисленные значения, содержащие результаты работы циклических счетчиков кадров, как определено в пункте 9.2.1. Эти поля, когда не используются, установлены в значения все-НУЛИ;
- зарезервировано – зарезервированные поля устанавливаются в значение все-НУЛИ;
- конец TLV – байт со значением все-НУЛИ.

9.3 Протокольный блок данных (PDU) LBM

LBM используется для поддержания функции запроса ETH-LB, как описано в пункте 7.2.

9.3.1 Информационные элементы LBM

Информационные элементы, передаваемые в LBM, включают в себя:

- идентификатор транзакции/порядковый номер. Идентификатор транзакции/порядковый номер – это 4-байтовое поле, которое содержит идентификатор транзакции/порядковый номер для LBM. Ожидается, что приемник скопирует идентификатор транзакции/порядковый номер из протокольного блока данных LBR, как описано в пункте 9.4;
- данные/набор битов испытательного сигнала. Данные – это дополнительное поле, длина и содержание которого определяются на передающей MEG. Содержанием поля данных может быть набор битов испытательного сигнала с дополнительной проверочной суммой. Набор битов испытательного сигнала может быть псевдослучайной бинарной последовательностью (PRBS) ($2^{31}-1$), как определено в пункте 5.8 [ITU-T O.150], сигналом "все нули" и т. д.

9.3.2 Формат протокольного блока данных LBM

Формат PDU LBM, используемый точкой MEP для передачи информации LBM, показан на рисунке 9.3-1.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG		Версия (0)				OpCode (LBM = 3)				Флаги (0)				Сдвиг TLV (4)																	
5	Идентификатор транзакции/порядковый номер																															
9	[Здесь начинается дополнительное поле TLV; в противном случае – конец TLV]																															
13																																
17																																
:																																
Последний																									Конец TLV (0)							

Рисунок 9.3-1 – Формат PDU LBM

Поля формата PDU LBM имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = LBM (3);
- флаги – установлено в значение все-НУЛИ;

Младший							Старший
8	7	6	5	4	3	2	1
Зарезервировано (0)							

Рисунок 9.3-2 – Формат поля флагов в PDU LBM

- сдвиг TLV – установлено в значение 4;
- идентификатор транзакции/порядковый номер – 4-байтовое значение, содержащее либо номер транзакции для протокольного блока данных LBM без битов испытательного сигнала, либо порядковый номер, увеличиваемый на единицу для последовательно следующих протокольных блоков данных LBM с битами испытательного сигнала;
- дополнительное поле TLV – если это поле представлено, то это – TLV-данные или TLV испытательного сигнала, как показано на рисунке 9.3-3 или рисунке 9.3-4 соответственно;
- конец TLV – байт со значением все-НУЛИ.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Тип (3)				Длина																											
:																																
:	Биты данных																															
:																																
:																																
:																																

Рисунок 9.3-3 – Формат TLV-данных

Поля формата TLV-данных имеют следующий вид:

- тип – идентифицирует тип TLV; для данного типа TLV используется значение данных (3);
- длина – идентифицирует размер в байтах поля значения, содержащего биты данных. В кадре, где размер PDU ограничен величиной 1492 байта, максимальное значение длины составляет 1480 (поскольку 12 байтов требуется для 8 байтов заголовка PDU LBM, 3 байтов заголовка

TLV сигнала данных и 1 байт для обозначения конца TLV). Любые другие значения TLV, если они представлены в LBM, будут еще больше сокращать максимально допустимое значение длины 1480;

- биты данных – n -байтовый ($n =$ длина) произвольный набор битов. Приемник должен его игнорировать.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Тип (32)								Длина								Тип набора битов															
:	Испытательный сигнал (НУЛИ, PRBS)																															
:																																
:																																
:																																
:	CRC-32 (дополнительно)																															

Рисунок 9.3-4 – Формат TLV испытательного сигнала

Поля формата TLV испытательного сигнала имеют следующий вид:

- тип – идентифицирует тип TLV; для данного типа TLV используется значение теста (32);
- длина – идентифицирует размер в байтах поля значения, содержащего тип набора битов, биты испытательного сигнала и CRC-32. В кадре, где размер PDU ограничен величиной 1492 байта, максимальное значение длины составляет 1480 (поскольку 12 байтов требуется для 8 байтов заголовка PDU LBM, 3 байтов заголовка TLV испытательного сигнала и 1 байта для обозначения конца TLV). Любые другие значения TLV, если они представлены в LBM, будут еще больше сокращать максимально допустимое значение длины 1480 (поскольку 1 байт используется для обозначения типа набора битов, для набора битов испытательного сигнала доступно только 1479 байтов);
- тип набора битов – идентифицирует набор битов испытательного сигнала; может иметь следующие значения:
 - 0 – сигнал все нули без CRC-32;
 - 1 – сигнал все нули с CRC-32;
 - 2 – PRBS $2^{-31} - 1$ без CRC-32;
 - 3 – PRBS $2^{-31} - 1$ с CRC-32;
 - 4–255 – зарезервировано для будущей стандартизации;
- набор битов испытательного сигнала – n -байтовый ($n \leq$ длины) набор битов испытательного сигнала: PRBS $2^{-31} - 1$ или все-нули;
- CRC-32 – охватывает все поля (от поля типа до последнего байта перед CRC-32).

9.4 Протокольный блок данных (PDU) LBR

LBR используется для поддержания функции ответа ETH-LB, как описано в пункте 7.2.

9.4.1 Информационные элементы LBR

Информационные элементы, передаваемые в LBR, включают в себя:

- идентификатор транзакции/порядковый номер. Идентификатор транзакции/порядковый номер – это 4-байтовое поле, которое скопировано из поля идентификатора транзакции/порядкового номера в LBM;
- данные – это поле, которое скопировано из поля данных в LBM.

9.4.2 Формат протокольного блока данных LBR

Формат PDU LBR, используемый точкой MEP или MIP для передачи информации LBR, показан на рисунке 9.4-1.

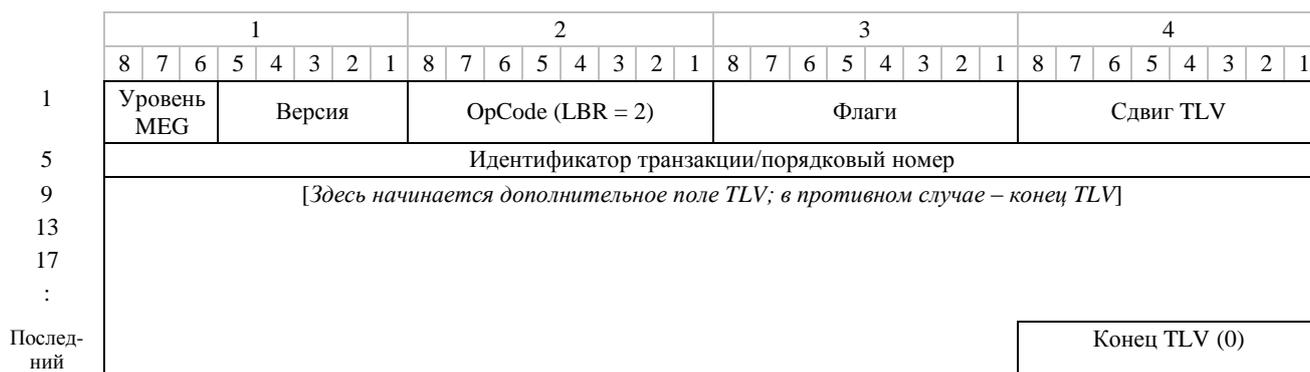


Рисунок 9.4-1. Формат PDU LBR

Поля формата PDU LBR имеют следующий вид:

- уровень MEG – 3-битовое поле, значение которого скопировано из принятого PDU LBM;
- версия – 5-битовое поле, значение которого скопировано из PDU LBM;
- OpCode – для данного типа PDU значение = LBR (2);
- флаги – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU LBM;
- сдвиг TLV – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU LBM;
- идентификатор транзакции/порядковый номер – 4-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU LBM;
- дополнительное поле TLV – если это поле представлено в PDU LBM, оно скопировано из PDU LBM;
- конец TLV – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU LBM.

9.5 Протокольный блок данных (PDU) LTM

LTM используется для поддержания функции запроса ETH-LT, как описано в пункте 7.3.

9.5.1 Информационные элементы LTM

Информационные элементы, передаваемые в LTM, включают в себя:

- идентификатор транзакции. Идентификатор транзакции – это 4-байтовое поле, которое содержит номер транзакции для LTM. Ожидается, что приемник скопирует идентификатор транзакции из протокольного блока данных LTR, как описано в пункте 9.6;
- TTL (время жизни). TTL – это 1-байтовое поле, используемое для обозначения того, должен ли LTM быть завершен на приемнике или нет. Когда MIP принимает LTM, у которого TTL = 1, то этот LTM не транслируется дальше. Элемент сети, принявший LTM, уменьшает принятое значение поля TTL на единицу и копирует его в поле TTL протокольного блока данных LTR, как описано в пункте 9.6, а также в LTM, который передает его в направлении следующего интервала передачи;
- TargetMAC (MAC-адрес получателя). TargetMAC – это 6-байтовое поле, используемое для передачи MAC-адреса конечного пункта назначения. Промежуточная точка MIP копирует это поле в LTM, который передает его в направлении следующего интервала передачи;
- OriginMAC (MAC-адрес источника). OriginMAC – это 6-байтовое поле, используемое для передачи MAC-адреса точки MEP, создавшей сообщение. Промежуточная точка MIP копирует это поле в LTM, который передает его в направлении следующего интервала передачи.

9.5.2 Формат PDU LTM

Формат PDU LTM, используемый точкой MEP или MIP для передачи информации LTM, показан на рисунке 9.5-1.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Точки MIP передают информацию LTM только в ответ на полученную информацию LTM.

		1					2					3					4																
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG	Версия (0)					OpCode (LTM = 5)					Флаги					Сдвиг TLV (17)																
5	Идентификатор транзакции																																
9	TTL					OriginMAC Address – MAC-адрес источника																											
13																																	
17	TargetMAC Address – MAC-адрес получателя																																
21	[Здесь начинается дополнительное поле TLV]																																
25																																	
29																																	
:																																	
Последний																								Конец TLV (0)									

Рисунок 9.5-1 – Формат PDU LTM

Поля формата PDU LTM имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = LTM (5);
- флаги – формат соответствует тому, что показан на рисунке 9.5-2;

Старший								Младший	
8	7	6	5	4	3	2	1		
HWOonly		Зарезервировано (0)							

Рисунок 9.5-2 – Формат поля флагов в PDU LTM

- HWOonly (только HW) – бит 8 установлен в значение 1. Значение 1 указывает, что для передачи LTM в направлении следующего интервала передачи должны использоваться только MAC-адреса, полученные в активных данных моста, передающего таблицы. При дальнейшей передаче полученного LTM поле HWOonly копируется из полученного значения LTM;
- сдвиг TLV – установлено в значение 17;
- идентификатор транзакции – 4-байтовое значение, содержащее идентификатор транзакции для PDU LTM;
- TTL – 1-байтовое поле, используемое для передачи значения TTL, как определено в пункте 9.5.1;
- OriginMAC Address (MAC-адрес источника) – 6-байтовое поле OriginMAC, как определено в пункте 9.5.1;
- TargetMAC Address (MAC-адрес получателя) – 6-байтовое поле TargetMAC, как определено в пункте 9.5.1;
- дополнительное поле TLV – TLV-идентификатор источника LTM, как показано на рисунке 9.5-3;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

	1							2							3							4										
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Тип (7)							Длина																								
2	Идентификатор источника																															
3																																

Рисунок 9.5-3 – Формат TLV-идентификатора источника LTM

TLV-идентификатор источника LTM содержит следующие поля:

- тип – идентифицирует тип TLV; для данного типа TLV используется значение идентификатор источника LTM (7);
- длина – идентифицирует размер в байтах поля значения, содержащего идентификатор источника. Устанавливается равным 8;
- идентификатор источника – указывает МЕР, инициирующую кадр LTM, или ответчик ETH-LT, передавший измененный кадр LTM. Байты 4 и 5 содержат НУЛИ, а остальные шесть байтов 6–11 содержат 48-битовый MAC-адрес IEEE, уникальный для сетевого элемента, в котором находится ответчик МЕР или ETH-LT.

9.6 Протокольный блок данных (PDU) LTR

LTR используется для поддержания функции ответа ETH-LT, как описано в пункте 7.3.

9.6.1 Информационные элементы LTR

Информационные элементы, передаваемые в LTR, включают в себя:

- идентификатор транзакции. Идентификатор транзакции – это 4-байтовое поле, которое скопировано из поля идентификатора транзакции в LTM;
- TTL (время жизни). TTL – это 1-байтовое поле, которое содержит значение поля TTL, уменьшенное относительно запроса LTM, для которого передается данный LTR.

9.6.2 Формат протокольного блока данных LTR

Формат PDU LTR, используемый точкой МЕР или промежуточной точкой объекта обслуживания (MP) для передачи информации LTR, показан на рисунке 9.6-1.

	1							2							3							4										
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень МЕР			Версия (0)				OpCode (LTR = 4)				Флаги				Сдвиг TLV (6)																
5	Идентификатор транзакции																															
9	TTL				Ретрансляция				[Здесь начинаются поля TLV]																							
17																																
21																																
:																																
Послед- ний																									Конец TLV (0)							

Рисунок 9.6-1 – Формат PDU LTR

Поля формата PDU LTR имеют следующий вид.

- уровень МЕР – 3-битовое поле, значение которого скопировано из принятого PDU LTM;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = LTR (4);
- флаги – формат показан на рисунке 9.6-2;

Старший				Младший			
8	7	6	5	4	3	2	1
HWonly	FwdYes	TerminalMEP	Зарезервировано (0)				

Рисунок 9.6-2 – Формат поля флагов в PDU LTR

- HWonly – бит 8 (только HW) копируется из значения LTM получателя;
- FwdYes – бит 7 установлен в 1, если модифицированный кадр LTM передан, или в 0, если кадр LTM не передан;
- TerminalMEP – бит 6 установлен в 1, если ответ на исходящий TLV (или ответ на входящий TLV, если ответ на исходящий TLV отсутствует) указывает на MEP, в противном случае – в 0;
- сдвиг TLV – установлено в значение 6;
- идентификатор транзакции – 4-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU LTM;
- TTL – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU LTM после уменьшения его на единицу;
- Relay Action (ретрансляция) – 1-байтовое поле, которое указывает, как кадр данных, предназначенный для LTM, передается через объект ретрансляции MAC на выходной порт моста, как описано в пункте 21.9.5 [IEEE 802.1Q]. Это значение определено в таблице 21-27 [IEEE 802.1Q];
- поля TLV – TLV-идентификатор источника LTR, ответ на входящий TLV и/или ответ на исходящий TLV, как указано на рисунках 9.6-3, 9.6-4 и 9.6-5 соответственно;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Тип (8)								Длина																							
2	Последний идентификатор источника																															
3																																
4	Следующий идентификатор источника																															
5																																

Рисунок 9.6-3 – Формат поля TLV-идентификатора источника LTR

Поля формата TLV-идентификатора источника LTR имеют следующий вид:

- тип – идентифицирует тип TLV; для данного типа TLV является идентификатором источника LTR (8);
- длина – идентифицирует в байтах размер поля значение, содержащего последний идентификатор источника и следующий идентификатор источника. Установлено в 16;
- последний идентификатор источника – идентифицирует иницирующую MEP или ответчик ETH-LT, передавший кадр LTM, ответом на который является этот кадр LTR. Это поле совпадает с идентификатором источника, содержащимся в поле TLV-идентификатора источника LTM входящего кадра LTM;
- следующий идентификатор источника – идентифицирует ответчик ETH-LT, передавший этот кадр LTR, который может передать измененный кадр LTM на следующий интервал передачи. Если бит FwdYes поля флагов равен 0, то содержимое этого поля не определено и игнорируется получателем кадра LTR. В противном случае байты 12 и 13 содержат нули, а остальные шесть байтов 14–19 содержат 48-битовый MAC-адрес IEEE, уникальный для сетевого элемента, в котором находится ответчик ETH-LT.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Тип (5)								Длина (7)								Действия на входе															
:	Входящий MAC-адрес																															
:																																

Рисунок 9.6-4 – Формат поля ответа на входящий TLV

Поля формата ответ на входящий TLV имеют следующий вид:

- тип – идентифицирует тип TLV; для данного типа TLV значение = ответ на входящий (5);
- длина – идентифицирует размер поля значение в байтах. Установлено в 7;
- действия на входе – 1-байтовое поле, которое зарезервировано для определения в стандарте IEEE 802.1;
- входящий MAC-адрес – 6-байтовое поле, которое зарезервировано для определения в стандарте IEEE 802.1.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Тип (6)								Длина (7)								Действия на выходе															
:	Исходящий MAC-адрес																															
:																																

Рисунок 9.6-5 – Формат поля ответа на исходящий TLV

Поля формата ответа на TLV источника имеют следующий вид:

- тип – идентифицирует тип TLV; для данного типа TLV-значение = ответ на исходящий (6);
- длина – идентифицирует размер поля значение в байтах. Установлено в 7;
- действия на выходе – 1-байтовое поле, которое зарезервировано для определения в стандарте IEEE 802.1;
- исходящий MAC-адрес – 6-байтовое поле, которое зарезервировано для определения в стандарте IEEE 802.1.

9.7 Протокольный блок данных (PDU) AIS

PDU AIS используется для поддержания функции ETH-AIS, как описано в пункте 7.4.

9.7.1 Информационные элементы AIS

Информационный элемент, передаваемый в AIS, таков:

- период. Период – это 3-битовый информационный элемент, передаваемый в трех младших битах поля флаги. Период содержит значение периодичности передачи AIS. Значения периода AIS определены в таблице 9-4.

9.7.2 Формат протокольного блока данных AIS

Формат PDU AIS, используемый точкой MEP для передачи информации AIS, показан на рисунке 9.7-1.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG				Версия (0)				OpCode (AIS = 33)								Флаги								Сдвиг TLV (0)							
5	Конец TLV (0)																															

Рисунок 9.7-1 – Формат PDU AIS

Поля формата PDU AIS имеют следующий вид:

- уровень MEG – 3-битовое поле, которое используется для передачи уровня MEG группы объектов обслуживания клиента MEG;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = AIS (33);
- флаги – один информационный элемент в поле флагов для PDU AIS – период – имеет следующий вид:

Старший				Младший			
8	7	6	5	4	3	2	1
Зарезервировано (0)					Период		

Рисунок 9.7-2 – Формат поля флагов в PDU AIS

- период – биты с 3-го по 1-й указывают период передачи, их кодировка показана в таблице 9-4;

Таблица 9-4 – Значения периода AIS/LCK

Флаги [3:1]	Размер периода	Примечание
000–011	Недопустимое значение	Недопустимое значение для протокольных блоков данных AIS/LCK
100	1 с	1 кадр в секунду
101	Недопустимое значение	Недопустимое значение для протокольных блоков данных AIS/LCK
110	1 мин	1 кадр в минуту
111	Недопустимое значение	Недопустимое значение для протокольных блоков данных AIS/LCK

- сдвиг TLV – установлено в значение 0;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.8 Кадр LCK

PDU LCK используется для поддержания функции ETH-LCK, как описано в пункте 7.6.

9.8.1 Информационные элементы LCK

Информационный элемент, передаваемый в LCK, таков:

- период. Период – это 3-битовый информационный элемент, передаваемый в трех младших битах поля флагов. Период содержит значение периодичности передачи LCK. Значения периода LCK определены в таблице 9-4.

9.8.2 Формат протокольного блока данных LCK

Формат PDU LCK, используемый точкой MEP для передачи информации LCK, показан на рисунке 9.8-1.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG				Версия (0)				OpCode (LCK = 5)					Флаги				Сдвиг TLV (0)														
5	Конец TLV (0)																															

Рисунок 9.8-1 – Формат PDU LCK

Поля формата PDU LCK имеют следующий вид:

- уровень MEG – 3-битовое поле, которое используется для передачи уровня MEG группы объектов обслуживания клиента MEG;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = LCK (35);
- флаги – один информационный элемент в поле флагов для PDU LCK – период – имеет следующий вид:

Старший				Младший			
8	7	6	5	4	3	2	1
Зарезервировано (0)				Период			

Рисунок 9.8-2 – Формат поля флагов в PDU LCK

- период – биты с 3-го по 1-й указывают период передачи, их кодировка показана в таблице 9-4;
- сдвиг TLV – установлено в значение 0;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.9 Протокольный блок данных (PDU) TST

PDU TST используется для поддержания однонаправленной функции ETH-Test, как описано в пункте 7.7.

9.9.1 Информационные элементы TST

Информационные элементы, передаваемые в TST, имеют следующий вид:

- порядковый номер. Порядковый номер – это 4-байтовое поле, которое содержит порядковый номер кадров TST;
- испытательный сигнал. Испытательный сигнал Test – это дополнительное поле, длина и содержание которого определяются на передающей МЕР. Содержание поля испытательного сигнала обозначает набор битов испытательного сигнала, а также содержит дополнительную проверочную сумму. Набор битов испытательного сигнала может быть псевдослучайной бинарной последовательностью (PRBS) ($2^{31} - 1$), как определено в пункте 5.8 [ITU-T O.150], сигналом "все нули" и т. д.

9.9.2 Формат протокольного блока данных TST

Формат PDU TST, используемый точкой МЕР для передачи информации, показан на рисунке 9.9-1.

	1				2				3				4											
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG				Версия (0)				OpCode (TST = 37)				Флаги (0)				Сдвиг TLV (4)							
5	Порядковый номер																							
9	[TLV испытательного сигнала]																							
13																								
17																								
:																								
Последний																					Конец TLV (0)			

Рисунок 9.9-1 – Формат PDU TST

Поля формата PDU TST имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = TST (37);
- флаги – установлено в значение все-НУЛИ;

Старший				Младший			
8	7	6	5	4	3	2	1
Зарезервировано (0)							

Рисунок 9.9-2 – Формат поля флагов в PDU TST

- сдвиг TLV – установлено в значение 4;
- порядковый номер – 4-байтовое значение, содержащее порядковый номер, увеличиваемый на единицу для последовательно следующих протокольных блоков данных TST;
- TLV испытательного сигнала – TLV испытательного сигнала, как определено на рисунке 9.3-4;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.10 Протокольный блок данных (PDU) APS

APS используется для поддержания функции ETH-APS, как описано в пункте 7.8.

9.10.1 Информационные элементы APS

Информационные элементы, передаваемые в APS, в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

9.10.2 Формат протокольного блока данных APS

Формат PDU APS, используемый объектами, описанными в [ITU-T G.8031] и [ITU-T G.8032] для передачи информации APS, показан на рисунке 9.10-1.

	1								2								3								4															
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1								
1	Уровень MEG				Версия (0)				OpCode (APS)								Флаги (0)								Сдвиг TLV															
5	[APS-данные]																																							
	Конец TLV (0)																																							

Рисунок 9.10-1 – Формат PDU APS

Поля формата PDU APS имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1; в настоящей Рекомендации значение не рассматривается и определено в [ITU-T G.8031] для линейных APS и в [ITU-T G.8032] для кольцевых APS;
- OpCode – для данного типа PDU значение = APS (39) для линейных и APS (40) для кольцевых APS;
- флаги – конкретные значения для APS в настоящей Рекомендации не рассматриваются;
- сдвиг TLV – 1-байтовое поле. Его конкретное значение для APS в настоящей Рекомендации не рассматривается;
- APS-данные – формат и длина этого поля в настоящей Рекомендации не рассматриваются;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.11 Протокольный блок данных (PDU) MCC

PDU MCC используется для поддержания функции ETH-MCC, как описано в пункте 7.9.

9.11.1 Информационные элементы MCC

Информационные элементы, передаваемые в MCC, включают в себя:

- OUI. OUI – это 3-байтовое поле, которое содержит организационно уникальный идентификатор организации, определяющей формат данных MCC и значения кода SubOpCode;
- SubOpCode. SubOpCode – это 1-байтовое поле, которое используется для понимания оставшихся полей в протокольном блоке данных MCC;
- данные MCC – в зависимости от задач, определенных полем OUI, и организационно уникального кода SubOpCode поле данных MCC может содержать одно или несколько полей TLV. Поле данных MCC в настоящей Рекомендации не рассматривается.

9.11.2 Формат PDU MCC

PDU MCC, используемый точкой MEP для передачи информации MCC, показан на рисунке 9.11-1.

		1								2								3								4							
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG	Версия (0)								OpCode (MCC = 41)								Флаги (0)								Сдвиг TLV							
5	OUI																								SubOpCode								
9	[Дополнительные данные MCC; в противном случае – конец TLV]																																
:																																	
:																																	
Последний																									Конец TLV (0)								

Рисунок 9.11-1 – Формат PDU MCC

Поля формата PDU MCC имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – ETH-ED использует это поле, как описано в пункте 9.26. Другие способы использования этого поля в настоящей Рекомендации не рассматриваются, но должны соответствовать требованиям пункта 9.1.;
- OpCode – для данного типа PDU значение = MCC (41);
- флаги – ETH-ED использует это поле, как описано в пункте 9.26. Другие способы использования этого поля в настоящей Рекомендации не рассматриваются; однако, если не указано иное, оно должно быть установлено в значение все-НУЛИ;

Старший				Младший			
8	7	6	5	4	3	2	1
Зарезервировано (0)							

Рисунок 9.11-2 – Формат поля флагов в PDU MCC

- сдвиг TLV – 1-байтовое поле. ETH-ED использует это поле, как описано в пункте 9.26. Другие способы использования этого поля в настоящей Рекомендации не рассматриваются, но должны соответствовать требованиям пункта 9.1;
- OUI – 3-байтовое поле, которое содержит организационно уникальный идентификатор организации, определяющей формат данных MCC и значения кода SubOpCode;
- SubOpCode – 1-байтовое поле. Когда поле OUI содержит значение OUI MCЭ-Т (00-19-A7), ETH-ED использует SubOpCode (1), как описано в пункте 9.26; другие значения

зарезервированы. Значения SubOpCode для других OUI в настоящей Рекомендации не рассматриваются;

- данные MCC – ETH-ED использует это поле, как описано в пункте 9.26. Другие способы использования этого поля в настоящей Рекомендации не рассматриваются;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.12 Протокольный блок данных (PDU) LMM

LMM используется для поддержания одностороннего запроса ETH-LM – упреждающего и по требованию, как описано в пункте 8.1.2.

9.12.1 Информационные элементы LMM

Информационные элементы, передаваемые в LMM, включают в себя:

- TxFCf. TxFCf – это 4-байтовое поле, которое содержит значение счетчика, подсчитывающего кадры данных, переданные точкой MEP в направлении на равноправную ей MEP, на момент передачи кадра LMM.

9.12.2 Формат PDU LMM

PDU LMM, используемый точкой MEP для передачи информации LMM, показан на рисунке 9.12-1.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG				Версия (1)				OpCode (LMM = 43)								Флаги								Сдвиг TLV (12)							
5	TxFCf																															
9	Зарезервировано для RxFCf в LMR																															
13	Зарезервировано для TxFCb в LMR																															
17	Конец TLV (0)																															

Рисунок 9.12-1 – Формат PDU LMM

Поля формата PDU LMM имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1; в этой версии PDU LMM установлено в значение 1;
- OpCode – для данного типа PDU значение = LMM (43);
- флаги – один информационный элемент в поле флагов, младший бит (тип), используется для указания типа операции LMM следующим образом:

Старший							Младший
8	7	6	5	4	3	2	1
Зарезервировано (0)							Тип

Рисунок 9.12-2 – Формат поля флагов в PDU LMM

- тип – бит 1 устанавливается в 1, если это упреждающая операция, или в 0, если это операция по требованию;
- сдвиг TLV – установлено в значение 12;
- TxFCf – 4-байтовые целочисленные значения, содержащие результаты работы счетчиков кадров, как определено в пункте 9.12.1;
- зарезервировано – зарезервированные поля устанавливаются в значение все-НУЛИ;
- конец TLV – 1-байтовое со значением все-НУЛИ.

9.13 Протокольный блок данных (PDU) LMR

PDU LMR используется для поддержания одностороннего ответа ETH-LM – упреждающего и по требованию, как описано в пункте 8.1.2.

9.13.1 Информационные элементы LMR

Информационные элементы, передаваемые в LMR, включают в себя:

- TxFCf. TxFCf – это 4-байтовое поле, которое содержит значение поля TxFCf из последнего PDU LMM, принятого точкой MEP от равноправной ей MEP;
- TxFCb. TxFCb – это 4-байтовое поле, которое содержит значение счетчика, кадров данных, переданных точкой MEP в направлении на равноправную ей MEP, на момент передачи кадра LMR;
- RxFCf. RxFCf – это 4-байтовое поле, которое содержит значение счетчика, кадров данных, принятых точкой MEP от равноправной ей MEP, на момент получения последнего кадра LMM от этой MEP.

9.13.2 Формат PDU LMR

PDU LMR, используемый точкой MEP для передачи информации LMR, показан на рисунке 9.13-1.

	1				2				3				4											
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG			Версия				OpCode (LMR = 42)				Флаги				Сдвиг TLV								
5	TxFCf																							
9	RxFCf																							
13	TxFCb																							
17	Конец TLV (0)																							

Рисунок 9.13-1 – Формат PDU LMR

Поля формата PDU LMR имеют следующий вид:

- уровень MEG – 3-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU LMM;
- версия – 5-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU LMM;
- OpCode – для данного типа PDU значение = LMR (42);
- флаги – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU LMM;
- сдвиг TLV – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU LMM.;
- TxFCf – 4-байтовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU LMM;
- RxFCf – 4-байтовые целочисленные значения, содержащие результаты счетчиков кадров, как определено в пункте 9.13.1;
- TxFCb – 4-байтовые целочисленные значения, содержащие результаты счетчиков кадров, как определено в пункте 9.13.1;
- конец TLV – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU LMM.

9.14 Протокольный блок данных (PDU) 1DM

PDU 1DM используется для поддержания двухпунктовой упреждающей ETH-DM и ETH-DM по требованию, как описано в пункте 8.2.1.

9.14.1 Информационный элемент 1DM

Информационный элемент, передаваемый в 1DM, таков:

- TxTimeStamp. TxTimeStamp – это 8-байтовое поле, которое содержит метку времени передачи 1DM. Формат метки времени TxTimeStamp аналогичен формату поля TimeRepresentation в [IEEE 1588].

9.14.2 Формат PDU 1DM

PDU 1DM, используемый точкой MEP для передачи информации 1DM, показан на рисунке 9.14-1.

		1								2								3								4							
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG	Версия (1)								OpCode (1DM = 45)								Флаги								Сдвиг TLV (16)							
5	TxTimeStamp																																
9																																	
13	Зарезервировано для приемного оборудования 1DM (0)																																
17	(для метки времени RxTimeStamp)																																
21	[Здесь начинается дополнительное поле TLV; в противном случае – конец TLV]																																
25																																	
29																																	
:																																	
Последний	Конец TLV (0)																																

Рисунок 9.14-1 – Формат PDU 1DM

Поля формата PDU 1DM имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1; в этой версии PDU 1DM установлено в значение 1;
- OpCode – для данного типа PDU значение = 1DM (45);
- флаги – один информационный элемент в поле флаги, младший бит (тип), используется для указания типа операции 1DM следующим образом:

Старший							Младший
8	7	6	5	4	3	2	1
Зарезервировано (0)							Тип

Рисунок 9.14-2 – Формат поля флагов в PDU 1DM

- тип – бит 1 устанавливается в 1, если это упреждающая операция, или в 0, если это операция по требованию;
- сдвиг TLV – установлено в значение 16;
- TxTimeStamp – 8-байтовое поле метки времени передачи, как описано в пункте 9.14.1;
- зарезервировано – 8-байтовое зарезервированное поле устанавливается в значение все-НУЛИ;
- дополнительное поле TLV – если это поле представлено, то это TLV идентификатора теста, как показано на рисунке 9.14-3, и/или TLV данных, как показано на рисунке 9.3-3, с настраиваемым размером в байтах. Когда в эту область входит TLV идентификатора теста, рекомендуется поместить его первым (перед TLV данных). Для целей ETH-DM часть TLV данных, содержащая значение, не указывается;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

		1								2								3								4							
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1		Тип (36)								Длина								Идентификатор теста															
5		Идентификатор теста																															

Рисунок 9.14-3 – Формат TLV идентификатора теста

Поля формата TLV идентификатора теста имеют следующий вид:

- тип – идентифицирует тип TLV; для данного типа TLV используется значение идентификатор теста (36);
- длина – идентифицирует размер. Должен быть равным 32;
- идентификатор теста. Идентификатор теста – это 4-байтовое поле, задаваемое передающей MEG при ее использовании для одновременного выполнения нескольких тестов между точками MEG.

9.15 Протокольный блок данных (PDU) DMM

DMM используется для поддержания запроса однопунктовой упреждающей ETH-DM или ETH-DM по требованию, как описано в пункте 8.2.2.

9.15.1 Информационные элементы DMM

Информационные элементы, передаваемые в DMM, включают в себя

- TxTimeStampf. TxTimeStampf – это 8-байтовое поле, которое содержит метку времени передачи DMM. Формат метки времени TxTimeStampf аналогичен формату поля TimeRepresentation в стандарте [IEEE 1588].

9.15.2 Формат PDU DMM

PDU DMM, используемый точкой MEG для передачи информации DMM, показан на рисунке 9.15-1.

		1								2								3								4							
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1		Уровень MEG		Версия (1)						OpCode (DMM = 47)								Флаги								Сдвиг TLV (32)							
5		TxTimeStampf																															
9																																	
13		Зарезервировано для приемного оборудования DMM (0)																															
17		<i>(для метки времени RxTimeStampf)</i>																															
21		Зарезервировано для DMR (0)																															
25		<i>(для метки времени TxTimeStampf)</i>																															
29		Зарезервировано для приемного оборудования DMR (0)																															
33																																	
37		[Здесь начинается дополнительное поле TLV; в противном случае – конец TLV]																															
41																																	
45																																	
:																																	
Последний																										Конец TLV (0)							

Рисунок 9.15-1 – Формат PDU DMM

Поля формата PDU DMM имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1; значение PDU DMM установлено в 1;
- OpCode – для данного типа PDU значение = DMM (47);

- флаги – установлено в значение все-НУЛИ. Один информационный элемент в поле флагов, младший бит (тип), используется для указания типа операции DMM следующим образом:

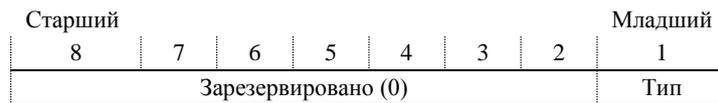


Рисунок 9.15-2 – Формат поля флагов в PDU DMM

- тип – бит 1 устанавливается в 1, если это предупреждающая операция, или в 0, если это операция по требованию;
- сдвиг TLV – установлено в значение 32;
- TxTimeStampf – 8-байтовое поле метки времени передачи, как описано в пункте 9.15.1;
- зарезервировано – 24-байтовые зарезервированные поля устанавливаются в значение все-НУЛИ;
- дополнительное поле TLV – если это поле представлено, то это TLV идентификатора теста, как показано на рисунке 9.14-3, и/или TLV данных, как показано на рисунке 9.3-3, с настраиваемым размером в байтах. Когда в эту область входит TLV идентификатора теста, рекомендуется поместить его первым (перед TLV данных). Для целей ETh-DM часть TLV-данных, содержащая значение, не указывается;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.16 Протокольный блок данных (PDU) DMR

DMR используется для поддержания ответа однопунктовой ETh-DM, как описано в пункте 8.2.2.

9.16.1 Информационные элементы DMR

Информационные элементы, передаваемые в DMR, включают в себя:

- TxTimeStampf. TxTimeStampf – это 8-байтовое поле, которое содержит копию поля TxTimeStampf из принятого DMM;
- RxTimeStampf. RxTimeStampf – это дополнительное 8-байтовое поле, которое содержит метку времени приема DMM. Формат метки времени RxTimeStampf аналогичен формату поля TimeRepresentation в стандарте [IEEE 1588]. Когда эта метка не используется, используется значение все-НУЛИ;
- TxTimeStamptb. TxTimeStamptb – это дополнительное 8-байтовое поле, которое содержит метку времени передачи DMR. Формат метки времени TxTimeStamptb аналогичен формату поля TimeRepresentation в стандарте [IEEE 1588]. Когда эта метка не используется, используется значение все-НУЛИ.

9.16.2 Формат PDU DMR

PDU DMR, используемый точкой MEP для передачи информации DMR, показан на рисунке 9.16-1.

		1								2								3								4							
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG	Версия								OpCode (DMR = 46)								Флаги								Сдвиг TLV							
5	TxTimeStampf																																
9																																	
13	RxTimeStampf																																
17																																	
21	TxTimeStamptb																																
25																																	
29	Зарезервировано для приемного оборудования DMR (0)																																
33	(для метки времени RxTimeStamptb)																																
37	[Здесь начинается дополнительное поле TLV; в противном случае – конец TLV]																																
41																																	
45																																	
:																																	
Последний																															Конец TLV (0)		

Рисунок 9.16-1 – Формат PDU DMR

Поля формата PDU DMR имеют следующий вид.

- уровень MEG – 3-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU DMM;
- версия – 5-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU DMM;
- OpCode – для данного типа PDU значение = DMR (46);
- флаги – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU DMM;
- сдвиг TLV – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU DMM;
- TxTimeStampf – 8-байтовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU DMM;
- RxTimeStampf – 8-байтовое поле метки времени передачи, как описано в пункте 9.16.1;
- TxTimeStamptb – 8-байтовое поле метки времени передачи, как описано в пункте 9.16.1;
- зарезервировано – зарезервированные поля устанавливаются в значение все-НУЛИ;
- дополнительное поле TLV – если это поле представлено в PDU DMM, оно скопировано из PDU DMM. Порядок следования дополнительных полей TLV сохраняется;
- конец TLV – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU DMM.

9.17 Протокольный блок данных (PDU) EXM

EXM используется как PDU запроса экспериментальных функций OAM.

9.17.1 Формат PDU EXM

Информационные элементы, передаваемые в EXM, включают в себя:

- OUI. OUI – это 3-байтовое поле, которое содержит организационно уникальный идентификатор организации, использующей этот EXM;
- SubOpCode. SubOpCode – это поле из одного байта, которое используется для понимания оставшихся полей в кадре EXM;
- данные EXM – в зависимости от задач, определенных полем OUI, и организационно уникального кода SubOpCode, EXM может содержать одно или несколько полей TLV. Поле данных EXM в настоящей Рекомендации не рассматривается.

9.19.2 Формат PDU VSM

PDU VSM, используемый точкой MEP для передачи информации VSM, показан на рисунке 9.19-1.

		1								2								3								4							
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG	Версия (0)								OpCode (VSM = 51)								Флаги								Сдвиг TLV							
5	OUI																SubOpCode																
9	[Дополнительные данные VSM; в противном случае – конец TLV]																																
:																																	
:																																	
:																																	
:																																	
	Конец TLV (0)																																

Рисунок 9.19-1 – Формат PDU VSM

Поля формата PDU VSM имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – конкретное значение для VSM в настоящей Рекомендации не рассматривается, но оно должно соответствовать требованиям пункта 9.1;
- OpCode – для данного типа PDU значение = VSM (51);
- флаги – в настоящей Рекомендации не рассматривается;
- сдвиг TLV – 1-байтовое поле. Его конкретное значение для VSM в настоящей Рекомендации не рассматривается, но оно должно соответствовать требованиям пункта 9.1;
- OUI – 3-байтовое поле, значения которого в настоящей Рекомендации не рассматриваются;
- SubOpCode – 1-байтовое поле, значения которого в настоящей Рекомендации не рассматриваются;
- данные VSM – формат и длина этого поля в настоящей Рекомендации не рассматриваются;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.20 Протокольный блок данных (PDU) VSR

VSR используется как PDU ответа на запрос функций OAM, определяемых поставщиком.

9.20.1 Информационные элементы VSR

Информационные элементы, передаваемые в VSR, включают в себя:

- OUI. OUI – это 3-байтовое поле, которое содержит организационно уникальный идентификатор организации, использующей этот VSR;
- SubOpCode. SubOpCode – это 1-байтовое поле, которое используется для понимания оставшихся полей в кадре VSR;
- данные VSR – в зависимости от задач, определенных полем OUI, и организационно уникального кода SubOpCode, VSR может содержать одно или несколько полей TLV. Поле данных VSR в настоящей Рекомендации не рассматривается.

Старший				Младший			
8	7	6	5	4	3	2	1
Зарезервировано (0)		Тип			Период		

Рисунок 9.21-2 – Формат поля флагов в PDU CSF

- тип – биты с 6-го по 4-й указывают тип CSF; их значения приведены в таблице 9-5;

Таблица 9-5 – Значения типа CSF

Флаги [6:4]	Тип	Комментарии
000	LOS	Потеря сигнала клиента
001	FDI/AIS	Индикация дефекта сигнала клиента в прямом направлении
010	RDI	Индикация дефекта сигнала клиента в обратном направлении
011	DCI	Индикация снятия условия ошибки клиента

- период – биты с 3-го по 1-й указывают период передачи; их значения приведены в таблице 9-6;

Таблица 9-6 – Значения периода CSF

Флаги [3:1]	Значение периода	Комментарии
000	Недопустимое значение	Недопустимое значение PDU CSF
001	Предмет дальнейшего изучения	Предмет дальнейшего изучения
010	Предмет дальнейшего изучения	Предмет дальнейшего изучения
011	Предмет дальнейшего изучения	Предмет дальнейшего изучения
100	1 с	1 кадр в секунду
101	Предмет дальнейшего изучения	Предмет дальнейшего изучения
110	1 мин	1 кадр в минуту
111	Предмет дальнейшего изучения	Предмет дальнейшего изучения

- сдвиг TLV – установлено в значение 0;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.22 Протокольный блок данных (PDU) SLM

SLM используется для поддержки запросов однопунктовой ETH-SLM, как описано в пункте 8.4.1.

9.22.1 Информационные элементы SLM

Информационные элементы, передаваемые в SLM, включают в себя:

- идентификатор исходной MEP. Идентификатор исходной MEP – это 2-байтовое поле, в котором 13 младших битов используются для идентификации MEP, передающей кадр SLM. Идентификатор MEP является уникальным в пределах одной MEG;
- идентификатор теста. Идентификатор теста – это 4-байтовое поле, задаваемое передающей MEP и используемое для идентификации теста при одновременном выполнении нескольких тестов между точками MEP, в том числе совпадающих по времени упреждающих тестов и тестов по требованию;

- TxFCf. TxFCf – это 4-байтовое поле, которое содержит число кадров SLM, переданных MEG в направлении на равноправную ей MEG.

9.22.2 Формат PDU SLM

Формат PDU SLM, используемый точкой MEG для передачи информации SLM, показан на рисунке 9.22-1.

		1					2					3					4																
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG	Версия (0)					OpCode (SLM = 55)					Флаги (0)					Сдвиг TLV																
5	Идентификатор исходной MEG										Зарезервировано для идентификатора отвечающей MEG (0)																						
9	Идентификатор текста																																
13	TxFCf																																
17	Зарезервировано для SLR: TxFCb (0)																																
21	[Здесь начинаются дополнительные поля TLV; в противном случае – конец TLV]																																
25																																	
:																																	
Последний																Конец TLV (0)																	

Рисунок 9.22-1 – Формат PDU SLM

Поля формата PDU SLM имеют следующий вид:

- уровень MEG – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = SLM (55);
- флаги – установлено в значение все-НУЛИ;
- сдвиг TLV – установлено в значение 16;
- зарезервировано – зарезервированные поля устанавливаются в значение все-НУЛИ;
- идентификатор исходной MEG – 2-байтовое поле, используемое для идентификации MEG, передающей кадр SLM, как указано в пункте 9.22.1;
- идентификатор теста – 4-байтовое поле, используемое для идентификации уникального теста между точками MEG, как указано в пункте 9.22.1;
- TxFCf – 4-байтовое целочисленное значение, соответствующее количеству переданных кадров SLM, как указано в пункте 9.22.1;
- дополнительные поля TLV – в любой переданный кадр SLM может входить TLV данных (рисунок 9.3-3). Для целей ETH-SLM часть TLV-данных, содержащая значение, не указывается;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.23 Протокольный блок данных (PDU) SLR

SLR используется для поддержки ответа однопунктовой ETH-SLM, как описано в пункте 8.4.1.

9.23.1 Информационные элементы SLR

Информационные элементы, передаваемые в SLR, включают в себя:

- идентификатор исходной MEG. Идентификатор исходной MEG – это 2-байтовое поле, которое содержит копию идентификатора исходной MEG из принятого SLM;
- идентификатор отвечающей MEG. Идентификатор отвечающей MEG – это 2-байтовое поле, в котором 13 младших битов используются для идентификации MEG, передающей кадр SLR. Идентификатор MEG является уникальным в пределах одной MEG;

- идентификатор теста. Идентификатор теста – это 4-байтовое поле, которое содержит копию поля идентификатора теста из принятого SLM;
- TxFCf. TxFCf – это 4-байтовое поле, которое содержит копию поля TxFCf из принятого SLM;
- TxFCб. TxFCб – это 4-байтовое поле, которое содержит число кадров SLR, переданных MEP в направлении на равноправную ей MEP.

9.23.2 Формат PDU SLR

Формат PDU SLR, используемый точкой MEP для передачи информации SLR, показан на рисунке 9.23-1.

		1				2				3				4																			
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG	Версия				OpCode (SLR = 54)				Флаги				Сдвиг TLV (16)																			
5	Идентификатор исходной MEP								Идентификатор отвечающей MEP																								
9	Идентификатор теста																																
13	TxFCf																																
17	TxFCб																																
21	[Здесь начинаются дополнительные поля TLV; в противном случае – конец TLV]																																
:																																	
Последний															Конец TLV (0)																		

Рисунок 9.23-1 – Формат PDU SLR

Поля формата PDU SLR имеют следующий вид:

- уровень MEG – 3-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU SLM;
- версия – 5-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU SLM;
- OpCode – для данного типа PDU значение = SLR (54);
- флаги – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU SLM;
- сдвиг TLV – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU SLM;
- зарезервировано – зарезервированные поля устанавливаются в значение все-НУЛИ;
- идентификатор исходной MEP – 2-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU SLM;
- идентификатор отвечающей MEP – 2-байтовое поле, используемое для идентификации MEP, передающей кадр SLM, как указано в пункте 9.22.1;
- идентификатор теста – 4-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU SLM;
- TxFCf – 4-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU SLM;
- TxFCб – 4-байтовое целочисленное значение, соответствующее количеству переданных кадров SLR, как указано в пункте 9.22.1;
- дополнительные поля TLV – если эти поля представлены в PDU SLM, они скопированы из PDU SLM;
- конец TLV – 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU SLM.

9.24 Протокольный блок данных (PDU) 1SL

1SL используется для поддержания двухпунктовой упреждающей ETH-SLM и ETH-SLM по требованию, как описано в пункте 8.4.2.

9.24.1 Информационные элементы 1SL

Информационные элементы, передаваемые в 1SL, включают в себя:

- идентификатор исходной МЕР. Идентификатор исходной МЕР – это 2-байтовое поле, в котором 13 младших битов используются для идентификации МЕР, передающей кадр 1SL. Идентификатор МЕР является уникальным в пределах одной МEG;
- идентификатор теста. Идентификатор теста – это 4-байтовое поле, задаваемое передающей МЕР и используемое для идентификации теста при одновременном выполнении нескольких тестов между точками МЕР, в том числе совпадающих по времени упреждающих тестов и тестов по требованию;
- TxTCf: TxTCf – это 4-байтовое поле, которое содержит число кадров 1SL, переданных МЕР в направлении на равноправную ей МЕР.

9.24.2 Формат PDU 1SL

Формат PDU 1SL, используемый точкой МЕР для передачи информации 1SL, показан на рисунке 9.24-1.

		1								2								3								4							
		8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1		Уровень МЕР				Версия (0)				OpCode (1SL = 53)								Флаги (0)				Сдвиг TLV (16)											
5		Идентификатор исходной МЕР																Зарезервировано															
9		Идентификатор теста																															
13		TxFCf																															
17		Зарезервировано																															
21		[Здесь начинаются дополнительные поля TLV; в противном случае – конец TLV]																															
25																																	
:																																	
Последний		Конец TLV (0)																															

Рисунок 9.24-1 – Формат PDU 1SL

Поля формата PDU 1SL имеют следующий вид:

- уровень МЕР – см. пункт 9.1;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = 1SL (53);
- флаги – установлено в значение все-НУЛИ;
- сдвиг TLV – установлено в значение 16;
- зарезервировано – зарезервированные поля устанавливаются в значение все-НУЛИ;
- идентификатор исходной МЕР – 2-байтовое поле, используемое для идентификации МЕР, передающей кадр 1SL, как указано в пункте 9.24.1;
- идентификатор теста – 4-байтовое поле, используемое для идентификации уникального теста между точками МЕР, как указано в пункте 9.24.1;
- TxFCf – 4-байтовое целочисленное значение, соответствующее количеству переданных кадров 1SL, как указано в пункте 9.24.1;
- дополнительное поле TLV – в любой переданный кадр 1SL может входить TLV данных (рисунок 9.3-3). Для целей ETH-SLM часть TLV-данных, содержащая значение, не указывается;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.25 Протокольный блок данных (PDU) BNM

PDU BNM используется для поддержки функции ETH-BNM, как описано в пункте 7.13.

9.25.1 Информационные элементы BNM

Информационные элементы, передаваемые в BNM, включают в себя:

- период. Период – это 3-битовый информационный элемент, передаваемый в трех младших битах поля флагов. Период содержит значение периодичности передачи BNM. Значения периода BNM определены в таблице 9-7;
- номинальная полоса частот. Номинальная полоса частот – это номинальное полное значение ширины полосы пропускания линии связи, выраженное в целых числах (Мбит/с);
- текущая полоса частот. Текущая полоса частот – это текущее значение ширины полосы пропускания линии связи, выраженное в целых числах (Мбит/с);
- идентификатор порта. Идентификатор порта – это ненулевой уникальный идентификатор порта или ноль, если этот идентификатор не используется.

Номинальная полная полоса пропускания и ее текущее значение соответствуют доступной полосе пропускания уровня сервера.

9.25.2 Формат PDU BNM

Формат PDU BNM, используемый сервером MEP для передачи информации BNM, показан на рисунке 9.25-1.

	1				2				3				4											
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG				Версия (0)				OpCode (GNM = 32)				Флаги				Сдвиг TLV (13)							
5	Sub-OpCode (BNM = 1)				Номинальная полоса пропускания																			
9	Номинальная полоса пропускания (продолж.)				Текущая полоса пропускания																			
13	Текущая полоса пропускания (продолж.)				Идентификатор порта																			
17	Идентификатор порта (продолж.)				Конец TLV (0)																			

Рисунок 9.25-1 – Формат PDU BNM

Поля формата PDU BNM имеют следующий вид:

- уровень MEG – 3-битовое поле, которое используется для передачи уровня MEG группы объектов обслуживания клиента MEG;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = GNM (32);
- флаги – один информационный элемент в поле флагов для PDU BNM – период – имеет следующий вид:

Старший							Младший
8	7	6	5	4	3	2	1
Зарезервировано (0)						Период	

Рисунок 9.25-2 – Формат поля флагов в PDU BNM

- период – биты с 3-го по 1-й указывают период передачи, их кодировка показана в таблице 9-7;

Таблица 9-7 – Значения периода BNM

Флаги [3:1]	Значение периода	Примечания
000	Недопустимое значение	Недопустимое значение для протокольных блоков данных BNM
001	Предмет дальнейшего изучения	Предмет дальнейшего изучения
010	Предмет дальнейшего изучения	Предмет дальнейшего изучения
011	Предмет дальнейшего изучения	Предмет дальнейшего изучения
100	1 с	1 кадр в секунду
101	10 с	1 кадр за 10 секунд
110	1 мин	1 кадр в минуту
111	Недопустимое значение	Недопустимое значение для протокольных блоков данных BNM

- сдвиг TLV – установлено в значение 13;
- Sub-OpCode – для данного типа PDU значение = BNM (1);
- номинальная полоса частот – номинальное полное значение ширины полосы пропускания линии связи, выраженное в целых числах (Мбит/с);
- текущая полоса частот – текущее значение ширины полосы пропускания линии связи, выраженное в целых числах (Мбит/с);
- идентификатор порта – необязательный ненулевой 32-битовый идентификатор порта, к которому относится информация о полосе пропускания. Значение должно быть уникальным по всем линиям сервера в пределах клиентской MEG. Если этот идентификатор не используется, его значение должно быть равно нулю;
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

9.26 Протокольный блок данных (PDU) EDM

PDU EDM используется для поддержки функции ETH-ED, как описано в пункте 7.14.

9.26.1 Информационные элементы EDM

Информационные элементы, передаваемые в EDM, включают в себя:

- идентификатор MEP. Идентификатор MEP – это 2-байтовое поле, в котором 13 младших битов используются для идентификации MEP, передающей кадр EDM. Идентификатор MEP является уникальным в пределах одной MEG;
- ожидаемая продолжительность. Ожидаемая продолжительность – ожидаемый интервал времени, в течение которого равноправная MEP должна игнорировать сигналы о потере соединения.

9.26.2 Формат PDU EDM

Формат PDU EDM, используемый точкой MEP для передачи информации EDM, показан на рисунке 9.26-1.

	1								2								3								4							
	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Уровень MEG		Версия (0)						OpCode (MCC = 41)						Флаги (0)						Сдвиг TLV (10)											
5	OUI																SubOpCode (EDM = 1)															
9	ID MEP																Ожидаемая продолжительность															
13	Ожидаемая продолжительность (продолж.)																Конец TLV (0)															

Рисунок 9.26-1 – Формат PDU EDM

Поля формата PDU EDM имеют следующий вид:

- уровень MEG – 3-битовое поле, которое используется для передачи уровня MEG группы объектов обслуживания клиента MEG;
- версия – см. пункт 9.1; в текущей версии настоящей Рекомендации значение равно 0;
- OpCode – для данного типа PDU значение = MCC (41);
- флаги – установлено в значение все-НУЛИ;
- сдвиг TLV – установлено в значение 10;
- OUI – установлено в значение OUI МСЭ-Т (00-19-A7);
- Sub-OpCode – для данного типа PDU значение = EDM (1);
- ID MEP – 13-битовое целочисленное значение, идентифицирующее передающую MEP внутри данной MEG. Три старших бита первого байта не используются и установлены в НОЛЬ;
- ожидаемая продолжительность – значение (в секундах) ожидаемой продолжительности потери соединения (с момента передачи первого EDM);
- конец TLV – 1-байтовое поле со значением все-НУЛИ.

10 Кадровые адреса OAM

Кадры OAM идентифицируются уникальным полем EtherType, значение которого составляет 0x8902. Обработка и фильтрация кадров OAM на MEP зависит от полей OAM EtherType и уровня MEG как для одноадресной, так и для многоадресной передачи по MAC-адресам получателей.

Как показано в разделах 7 и 8, MAC-адрес получателя (DA) в кадре OAM может быть одноадресным или многоадресным в зависимости от конкретной функции OAM. MAC-адрес источника в кадре OAM всегда одноадресный.

В настоящем разделе приводится дальнейшее рассмотрение выбора DA в конкретных функциях OAM. В таблице 10-1 содержится перечень значений DA, которые применимы для различных типов функций OAM.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Выбор MAC-адреса получателя для кадров OAM Ethernet зависит от приложения. От реализаций не требуется поддержка всех адресов, указанных в настоящей Рекомендации, однако требуется поддержка адресов, указанных в [ITU-T G.8021].

10.1 Адреса абонентов многоадресной доставки

В зависимости от конкретной функции OAM требуется следующие типы многоадресных адресов:

- многоадресный DA класса 1 – кадры OAM адресованы всем равноправным точкам MEP в группе MEG (например, CCM, многоадресный LBM, AIS и т. д.);
- многоадресный DA класса 2 – кадры OAM адресованы всем точкам MIP и равноправным точкам MEP в группе MEG (например, LTM);
- многоадресный DA кольцевого APS – кадры OAM, используемые для кольцевой защиты Ethernet.

Обычно достаточно одного многоадресного DA класса 1 и одного многоадресного DA класса 2. Однако для кратковременного применения функций OAM Ethernet на существующем оборудовании Ethernet многоадресный DA может неявно передавать поле уровня MEG. Для этого потребуется восемь различных адресов для каждого многоадресного DA классов 1 и 2 для восьми различных уровней MEG.

Значения восьми многоадресных адресов для класса 1 и восьми многоадресных адресов для класса 2 – 01-80-C2-00-00-3x и 01-80-C2-00-00-3y соответственно; x означает уровень MEG со значениями в диапазоне 0–7, а y означает уровень MEG со значениями в диапазоне 8–F.

Кроме того, для кадров кольцевой APS используется особый диапазон многоадресного DA со значениями OUI МСЭ (01-19-A7). Подробнее см. в [ITU-T G.8032].

10.2 ССМ

В многопунктовой MEG кадры ССМ создаются с многоадресным DA класса 1, а в MEG из пункта в пункт они обычно создаются с многоадресным DA, за исключением случаев, описанных ниже.

Кадры ССМ, использующие многоадресный DA, позволяют обнаруживать MAC-адреса, связанные с равноправными МЕР принимающей точки МЕР. Использование многоадресного DA также позволяет обнаружить ошибочные соединения между фрагментами домена потока. Обнаружение ошибочных соединений описывается в пункте 7.1.

Когда важно обнаружить вышеуказанные состояния, для кадров ССМ должен использоваться многоадресный DA. Когда вышеуказанные состояния не ожидаются или их не требуется устранять и кадры данных в элементах различных услуг можно разделить, используя одноадресные DA (как в определенных условиях для соединений из пункта в пункт), кадры ССМ создаются с одноадресным DA равноправной МЕР.

10.3 LBM

Кадры LBM могут создаваться с одноадресными или многоадресными адресами получателя в одноадресной ETH-LB или многоадресной ETH-LB функциях соответственно.

10.4 LBR

Кадры LBR всегда создаются с одноадресными адресами получателя.

10.5 LTM

Кадры LTM создаются с многоадресным DA класса 2.

В современных массовых схемах для кадров LTM вместо одноадресного DA используется многоадресный DA, точки МIP не смогут перехватить кадр с одноадресным DA, который не является их собственным адресом. Следовательно, точки МIP не смогут ответить и просто ретранслируют кадр LTM с одноадресным DA. Ограничение связано с тем, что существующие порты перед проверкой DA не проверяют EtherType.

10.6 LTR

Кадры LTR всегда создаются с одноадресными адресами получателя.

10.7 AIS

В многопунктовой MEG кадры AIS создаются с многоадресным DA класса 1, а в MEG из пункта в пункт они обычно создаются с многоадресным DA класса 1, за исключением случаев, описанных ниже.

В определенных условиях для соединений из пункта в пункт, когда кадры данных в элементах различных услуг можно разделить, используя одноадресные DA, кадры AIS создаются с одноадресным DA нижележащей МЕР.

10.8 LCK

В многопунктовой MEG кадры LCK создаются с многоадресным DA класса 1, а в MEG из пункта в пункт они обычно создаются с многоадресным DA класса 1, за исключением случаев, описанных ниже.

В определенных условиях для соединений из пункта в пункт, когда кадры данных в элементах различных услуг можно разделить, используя одноадресные DA, кадры LCK создаются с одноадресным DA нижележащей MEP.

10.9 TST

Кадры TST создаются с одноадресными DA. Кадры TST могут создаваться с многоадресным DA класса 1, если требуется многопунктовая диагностика.

10.10 APS

О линейных APS см. в [ITU-T G.8031]. О кольцевых APS см. в [ITU-T G.8032].

10.11 MCC

Кадры MCC создаются с одноадресными DA. Для случая, когда используется виртуальное локальное соединение из пункта в пункт, может применяться многоадресный DA класса 1.

10.12 LMM

Кадры LMM создаются с одноадресными DA. Кадры LMM могут создаваться с многоадресным DA класса 1, если требуются многопунктовые измерения.

10.13 LMR

Кадры LMR всегда создаются с одноадресными DA.

10.14 IDM

Кадры IDM создаются с одноадресными DA. Кадры IDM могут создаваться с многоадресным DA класса 1, если требуются многопунктовые измерения.

10.15 DMM

Кадры DMM создаются с одноадресными DA. Кадры DMM могут создаваться с многоадресным DA класса 1, если требуются многопунктовые измерения.

10.16 DMR

Кадры DMR всегда создаются с одноадресными DA.

10.17 EXM

Адрес получателя кадров EXM в настоящей Рекомендации не рассматривается.

10.18 EXR

Адрес получателя кадров EXR в настоящей Рекомендации не рассматривается.

10.19 VSM

Адрес получателя кадров VSM в настоящей Рекомендации не рассматривается.

10.20 VSR

Адрес получателя кадров VSR в настоящей Рекомендации не рассматривается.

10.21 CSF

В многопунктовой MEG кадры CSF создаются с многоадресным DA класса 1, а в MEG из пункта в пункт они обычно создаются с многоадресным DA класса 1, за исключением случаев, описанных ниже.

В определенных условиях для соединений из пункта в пункт, когда кадры данных в элементах различных услуг можно разделить, используя одноадресные DA, кадры CSF создаются с одноадресным DA нижележащей MEP.

10.22 SLM

Кадры SLM создаются с одноадресными DA. Кадры SLM могут создаваться с многоадресным DA класса 1, если требуется многопунктовая диагностика.

10.23 SLR

Кадры SLR всегда создаются с одноадресными DA.

10.24 1SL

Кадры 1SL создаются с одноадресными DA. Кадры 1SL могут создаваться с многоадресным DA класса 1, если требуется многопунктовая диагностика.

10.25 BNM

В многопунктовой MEG кадры BNM создаются с многоадресным DA класса 1, а в MEG из пункта в пункт они обычно создаются с многоадресным DA класса 1, за исключением случаев, описанных ниже.

В определенных условиях для соединений из пункта в пункт, когда кадры данных в элементах различных услуг можно разделить, используя одноадресные DA, кадры BNM создаются с одноадресным DA нижележащей MEP.

10.26 EDM

В многопунктовой MEG кадры EDM создаются с многоадресным DA класса 1, а в MEG из пункта в пункт они обычно создаются с многоадресным DA класса 1, за исключением случаев, описанных ниже.

В определенных условиях для соединений из пункта в пункт, когда кадры данных в элементах различных услуг можно разделить, используя одноадресные DA, кадры EDM создаются с одноадресным DA нижележащей MEP.

Таблица 10-1 – Адрес получателя кадра OAM

Тип кадра OAM	Адреса получателя для кадров с PDU OAM
CCM	Многоадресный DA класса 1 или одноадресный DA
LBM	Одноадресный DA или многоадресный DA класса 1
LBR	Одноадресный DA
LTM	Многоадресный DA класса 2
LTR	Одноадресный DA
AIS	Многоадресный DA класса 1 или одноадресный DA
LCK	Многоадресный DA класса 1 или одноадресный DA
TST	Одноадресный DA или многоадресный DA класса 1
Линейное APS	См. [ITU-T G.8031]
Кольцевое APS	См. [ITU-T G.8032]
MCC	Одноадресный DA или многоадресный DA класса 1
LMM	Одноадресный DA или многоадресный DA класса 1

Таблица 10-1 – Адрес получателя кадра OAM (окончание)

Тип кадра OAM	Адреса получателя для кадров с PDU OAM
LMR	Одноадресный DA
IDM	Одноадресный DA или многоадресный DA класса 1
DMM	Одноадресный DA или многоадресный DA класса 1
DMR	Одноадресный DA
EXM, EXR, VSM, VSR	В настоящей Рекомендации не рассматриваются
CSF	Многоадресный DA класса 1 или одноадресный DA
SLM	Одноадресный DA или многоадресный DA класса 1
SLR	Одноадресный DA
ISL	Одноадресный DA или многоадресный DA класса 1
BNM	Многоадресный DA класса 1 или одноадресный DA
EDM	Многоадресный DA класса 1 или одноадресный DA

11 Проверка и управление версиями PDU OAM

В этом разделе описываются правила проверки и управления версиями PDU OAM, которые призваны гарантировать, что реализации этой Рекомендации будут совместимы с реализациями ее будущих версий. Кроме того, эти правила позволяют создавать в рамках реализаций проприетарные нестандартные расширения протокола без ущерба для совместимости с будущими версиями настоящей Рекомендации или ограничения расширения функциональных возможностей будущих версий этой Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Изменение формата LTM между версиями этой Рекомендации 2006 и 2008 годов не сопровождалось изменением номера версии; однако будущие пересмотры этой Рекомендации должны соответствовать указанным правилам.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Описанные здесь правила относятся только к интерпретации PDU в разных версиях. Более подробная информация о последующей обработке PDU, если таковая предусмотрена, приводится в определениях атомических функций в [ITU-T G.8021] и [ITU-T G.8032].

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Эти правила не относятся к тем частям PDU, которые не указаны в Рекомендациях МСЭ-Т, например к полям данных VSM, VSR, EXM и PDU EXR.

11.1 Передача PDU OAM

Передача PDU OAM требуется для удовлетворения следующих требований:

- фиксированные поля заголовка должны передаваться точно так, как указано в настоящей Рекомендации;
- все биты, определенные в настоящей Рекомендации как "зарезервированные", передаются нулями;
- к фиксированному заголовку, указанному в настоящей Рекомендации, не добавляются никакие дополнительные поля;
- в PDU OAM не должны передаваться кодовые точки, зарезервированные в настоящей Рекомендации или [IEEE 802.1]; например, зарезервированные значения поля OpCode (таблица 9-1), поля типа TLV (таблица 9-2) или поля формата ID для MEG (таблица A.1);
- к TLV, указанному в настоящей Рекомендации, не должны добавляться никакие дополнительные поля.

11.2 Проверка PDU OAM при приеме

Полученные PDU OAM подвергаются нескольким проверочным тестам и отбрасываются без дальнейшей обработки, если не проходят эти тесты. Этот раздел не содержит исчерпывающего списка таких тестов; в нем рассматриваются только вопросы, наиболее важные для совместимости в будущем. В дополнение к указанным здесь тестам можно предположить, что если PDU OAM

с конкретным значением OpCode не соответствует описанию, приведенному в разделе 9, тесты считаются непройденными. Первый проверочный тест должен подтвердить, что PDU OAM имеет достаточную длину, чтобы содержать в себе поля уровня MEG и версии. PDU OAM, не прошедшие этот тест, отбрасываются.

Затем PDU OAM обрабатывается в соответствии с версией с наименьшим из числовых значений – 1) поля версии в PDU OAM и 2) максимального номера версии, известного для данной реализации механизма приема. То есть реализация версии 1, получившая PDU OAM версии 0, обрабатывает его в соответствии с версией 0, а получившая PDU OAM версии 1 – в соответствии с версией 1. Отмечается, что при добавлении будущих версий настоящей Рекомендации реализации всех предыдущих версий смогут правильно обрабатывать принятые PDU OAM, то есть PDU OAM, описанные в более поздних версиях этой Рекомендации, будут оставаться действительными при обработке в соответствии с версией 0.

В соответствии с версией, выбранной, как описано выше, применяются следующие проверочные тесты:

- фиксированная длина заголовка, определяемая полем сдвига TLV, не должна быть меньше длины, указанной в выбранной версии;
- PDU OAM должен иметь достаточную длину, чтобы содержать в себе фиксированный заголовок той длины, какая указана в выбранной версии.

Если PDU OAM содержит поле TLV, которое необходимо обработать, применяются следующие проверочные тесты в соответствии с версией, выбранной, как описано выше:

- PDU OAM должен иметь достаточную длину, чтобы содержать в себе поле значения TLV, длина которого задана полем длины TLV;
- в поле длины TLV должно указываться значение, превышающее минимальную длину TLV, определенную в выбранной версии.

Для проверки принятого PDU OAM не должны использоваться следующие критерии:

- фиксированный заголовок может быть длиннее, чем указано в выбранной версии;
- биты могут устанавливаться в зарезервированных битах поля флагов;
- TLV может содержать поле типа, не указанное в выбранной версии стандарта;
- поле длины TLV может быть превышать значение (если таковое указано), определенное в выбранной версии стандарта;
- поле сдвига TLV или поле длины последнего TLV в PDU OAM может указывать положение первого (следующего) TLV, совпадающее с концом PDU OAM (то есть окончательный TLV в PDU OAM может отсутствовать);
- поля TLV могут следовать в PDU OAM в любом порядке, если в разделе 9 не указано иное.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если должен быть сформирован ответ PDU OAM, то выбор версии, используемой для обработки принятого PDU OAM, не влияет на требования к копированию номера версии. Это означает, что реализация версии 0, получившая запрос PDU OAM версии 1, интерпретирует его в соответствии с версией 0, но отвечает в зависимости от правил ответа, если эти правила не зависят от версии. В этом случае прием ответа PDU OAM версии 1 не может расцениваться как указание на то, что запрос PDU OAM был обработан в соответствии с версией 1.

11.3 Прием PDU OAM после проверки

Полученные PDU OAM, прошедшие описанные выше проверочные тесты, обрабатываются в соответствии со следующими правилами и в соответствии с той же версией, которая была выбрана для проверочных тестов (то есть версией с наименьшим из числовых значений поля версии в PDU OAM и максимального номера версии, известного для данной реализации механизма приема).

- Обрабатываются только те поля фиксированной части заголовка PDU OAM, которые определены в выбранной версии; любые дополнительные байты фиксированного заголовка, если его длина превышает длину, указанную в выбранной версии, игнорируются.

- Любое TLV со значением поля типа, не указанным в выбранной версии, игнорируется, за исключением того, что когда PDU OAM переадресовывается или передается повторно (с изменением или без) или когда в ответ на полученный PDU OAM передается новый PDU OAM, TLV копируется без изменений в переадресованный или повторно переданный PDU или в PDU ответа.
- Любая часть PDU OAM, следующая за окончательным TLV, игнорируется (отсутствие окончательного TLV не является ошибкой).
- Если поле длины TLV превышает значение (если таковое указано), определенное в выбранной версии, то любые байты, следующие за указанными в выбранной версии, игнорируются.
- Все биты, не определенные в настоящей Рекомендации, например зарезервированные биты в поле флагов, игнорируются.

Приложение А

Формат ID для MEG

(Это Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Идентификаторы групп объектов обслуживания (ID MEG) имеют следующие особенности.

- Каждый ID MEG должен быть уникальным в глобальном масштабе.
- Если можно ожидать, что данная MEG будет использоваться на маршруте, установленном через границу между сетями различных операторов, ID MEG должен быть доступен для операторов других сетей.
- ID MEG не должен меняться во время существования данной MEG.
- ID MEG должен иметь возможность идентификации оператора сети, который ответственен за данную MEG.
- Общий формат для идентификаторов MEG (ID MEG), используемых в настоящей Рекомендации, показан на рисунке А.1.



Рисунок А.1 – Общий формат для идентификаторов MEG

Тип формата ID MEG определяется полем формата ID MEG. Конкретные значения типов формата ID MEG определены в таблице А.1 и описаны в нижеследующих пунктах А.1 и А.2.

Таблица А.1 – Тип формата ID MEG

Значение типа формата ID для MEG	Название TLV
00, 5–31, 64–255	Зарезервировано (Примечание 1)
1–4	См. ниже (Примечание 2)
Типы, используемые в настоящей Рекомендации	
32	Формат на основе ICC
33	Формат на основе ICC и CC
34–63	Зарезервировано (Примечание 3)
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Зарезервировано для определения в стандарте IEEE 802.1.	
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Используются значения, определенные в таблице 21-20 [IEEE 802.1Q].	
ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Зарезервировано для будущей стандартизации МСЭ-Т.	

А.1 Формат ID MEG на основе ICC

На рисунке А.2 показан формат, который использует код оператора МСЭ (ITU Carrier Code (ICC)). ICC – это код, присваиваемый оператору/провайдеру услуг и сохраняемый в Бюро стандартизации электросвязи МСЭ-Т (TSB) в соответствии с [ITU-T M.1400].

	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Зарезервировано (01)							
2	Формат ID MEG (32)							
3	Длина ID MEG (13)							
4	0	Значение ID MEG [1]						
5	0	Значение ID MEG [2]						
15	0	Значение ID MEG [12]						
16	0	Значение ID MEG [13]						
19	Не используются (= все-НУЛИ)							
20								
47								
48								

Рисунок А.2 – Формат ID для MEG с использованием ICC

Значение ID MEG, определенное как тип 32, состоит из 13 символов, закодированных в соответствии с [ITU-T T.50] (Международный справочный алфавит – Набор символов с 7-битовой кодировкой для обмена информацией).

Отметим, что ID MEG типа 32 не может быть уникальным в глобальном масштабе, поскольку в разных странах может встречаться одно и то же значение ICC, как указано в [ITU-T M.1400]. Поэтому ID MEG типа 32 обеспечивает уникальность только внутри страны.

Структура значения ID MEG на основе ICC показана на рисунке А.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ICC	UMC											
ICC	UMC											
ICC	UMC											
ICC	UMC											
ICC	UMC											
ICC	UMC											

Рисунок А.3 – Структура значений ID MEG на основе ICC

В него входят два субполя – код оператора МСЭ (ICC), за которым следует уникальный код ID MEG (UMC).

Код оператора МСЭ состоит из 1–6 букв (от А до Z) и/или цифр (от 0 до 9), выровненных по левому краю. Код UMC следует сразу же за ICC и должен состоять из 7–12 символов с запятыми НУЛЕЙ, завершающими 13-символьное значение ID MEG. Код UMC должен определяться организацией, которой назначен ICC, при условии что гарантируется его уникальность внутри страны.

А.2 Глобальный формат ID MEG на основе CC и ICC

На рисунке А.4 показан формат, который использует код оператора МСЭ (ITU Carrier Code(ICC)) и код страны (CC). Значение ID MEG, определенное как тип 33, состоит из 15 символов, закодированных в соответствии с [ITU T T.50].

На рисунке А.5 показана структура значения ID MEG, идентифицируемого кодами CC и ICC. Оно состоит из трех субполей: код страны (CC), код оператора МСЭ (ICC) и уникальный код ID MEG

(UMC). Двухбуквенный код страны представляет собой строку из двух буквенных символов верхнего регистра (от А до Z). Формат кода страны определен в [ISO 3166-1]. Код оператора МСЭ состоит из 1–6 букв (от А до Z) и/или цифр (от 0 до 9), выровненных по левому краю.

Код UMC следует сразу же за ICC и должен состоять из 7–12 символов с цепочками НУЛЕЙ, завершающими 15-символьное значение ID MEG. UMC должен начинаться с символа "/", если ICC содержит менее 6 символов (как показано на рисунке А.5), и быть уникальным в контексте организации, которой назначены коды оператора МСЭ.

	8	7	6	5	4	3	2	1
1	Зарезервировано (01)							
2	Формат ID MEG (33)							
3	Длина ID MEG (15)							
4	0	Значение ID MEG [1]						
5	0	Значение ID MEG [2]						
17	0	Значение ID MEG [14]						
18	0	Значение ID MEG [15]						
19	Не используется (= все-НУЛИ)							
20								
47								
48								

Рисунок А.4 – Формат глобального ID MEG на основе CC и ICC

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CC		ICC	/	UMC										
CC		ICC	/	UMC										
CC		ICC	/	UMC										
CC		ICC	/	UMC										
CC		ICC	/	UMC										
CC		ICC		UMC										

Рисунок А.5 – Структура глобального значения ID MEG на основе CC и ICC

Приложение В

Вопросы функциональной совместимости трассировки линий Ethernet (ETH-LT) согласно [ITU-T Y.1731]

(Это Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

В этом Приложении описано взаимодействие MEP и MIP Ethernet, поддерживающих разные типы трассировки линий Ethernet (ETH-LT) (то есть функций ETH-LT, определенных в [ITU-T Y.1731] и описанных в настоящей Рекомендации), и указаны основные требования по поддержке межсетевое взаимодействия в рамках ME, в котором существуют MEP или MIP двух типов.

В.1 Трассировка линий Ethernet (ETH-LT) согласно [ITU-T Y.1731]

Функция ETH-LT, определенная в [ITU-T Y.1731], имеет следующие отличия от ETH-LT, описанной в настоящей Рекомендации.

- Передача LTM и его PDU, как указано в пункте 7.3.1 и в разделе 9.5 [ITU-T Y.1731], не определяют TLV-идентификатор источника LTM и его формат, тогда как в настоящей Рекомендации они определены как обязательные.
- Передача LTM и его PDU, как указано в пункте 7.3.2 и в разделе 9.6 [ITU-T Y.1731], не определяют TLV-идентификатор источника LTR и его формат, тогда как в настоящей Рекомендации они определены как обязательные. Кроме того, ответ на входящий TLV и ответ на исходящий TLV в [ITU-T Y.1731] не обязательны, тогда как в настоящей Рекомендации они определены как обязательные.
- В описании полей формата PDU LTR в пункте 9.6.2 настоящей Рекомендации FwdYes и TerminalMEP определены в битах 7 и 6, тогда как в [ITU-T Y.1731] они не определены.
- В MIP ответчик ETH-LT не определен, и в оборудовании v2006 в качестве MIP могут быть установлены как входные, так и выходные порты, тогда как в настоящей Рекомендации ответчик ETH-LT определен, так что для каждой единицы оборудования может существовать только одна MIP.

В.2 Взаимодействие с [ITU-T Y.1731]

Если ME состоит из MEP v2006, которая передает ETH-LTM, и некоторого количества MIP v2008 или если ME состоит из MEP v2006, которая передает ETH-LTM, и MEP v2008, которая принимает ETH-LTM и передает ETH-LTR, то MIP v2008 или MEP v2008 может отбросить ETH-LTM, полученное от MEP v2006, ввиду отсутствия TLV-идентификатора источника LTM. В этом случае MIP v2008 для сохранения функциональной совместимости может перенаправить ETH-LTM и передать ETH-LTR, определив, что ETH-LTM не содержит TLV, и работая как MIP v2006. Аналогично MEP v2008 может передать ETH-LTR, определив, что ETH-LTM не содержит TLV, и работая как MEP v2006 (см. рисунок В.1).

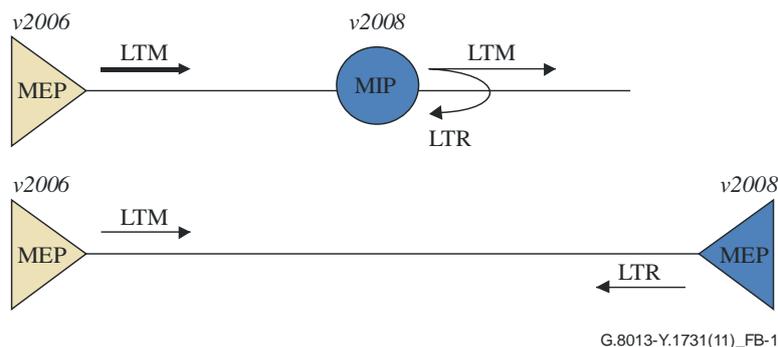


Рисунок В.1 – Случай функциональной совместимости 1

Если МЕ состоит из МЕР v2008, которая передает ЕТН-LТМ, и некоторого количества МIP v2006 и/или если МЕР v2008 принимает ЕТН-LТМ и передает ЕТН-LТR, то МЕР v2008 принимает ЕТН-LТR без TLV-идентификатора источника LТR и без ответа на входящий TLV или ответа на исходящий TLV, сгенерированных точками МIP и/или точкой МЕР v2006. В версии v2008 отсутствие этих TLV в ЕТН-LТR считается недопустимым. Для сохранения функциональной совместимости версия v2008 может быть настроена так, чтобы такие ЕТН-LТR идентифицировались как действительные (см. рисунок В.2).

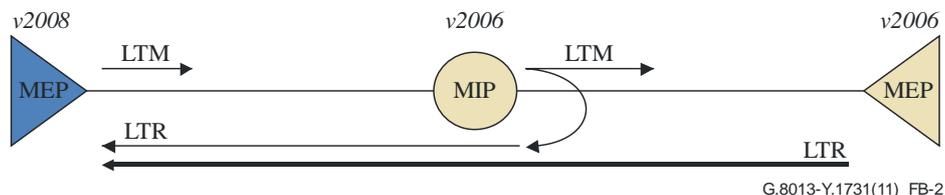


Рисунок В.2 – Случай функциональной совместимости 2

Если МЕ состоит из МЕР v2008, которая передает ЕТН-LТМ, и некоторого количества МIP v2006, расположенных как на входных, так и на выходных портах оборудования, то оборудование может передавать в МЕР v2008 два ЕТН-LТR. При получении этих ЕТН-LТR в МЕР v2008 она работает так же, как в вышеупомянутом случае (см. рисунок В.3). Отмечается, что этот режим работы совместим с анализом LТR в соответствии с Приложением J.5 [IEEE 802.1Q], если каждая МP, которая уменьшает значение поля TTL LТМ, также возвращает LТR.

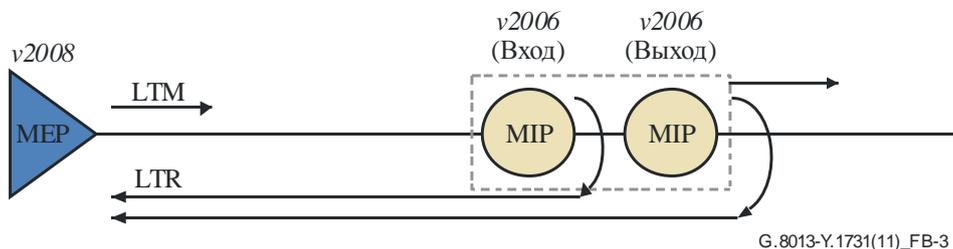


Рисунок В.3 – Случай функциональной совместимости 3

Дополнение I

Сценарии создания сети Ethernet

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

I.1 Пример с совместно используемыми уровнями MEG

На рисунке I.1 показан примерный сценарий с назначением уровней MEG по умолчанию, в котором роли пользователя, провайдера и оператора совместно используют одни и те же уровни MEG. На этом рисунке треугольники обозначают точки MEP, круги – точки MIP, а ромбы – точки TrCP.

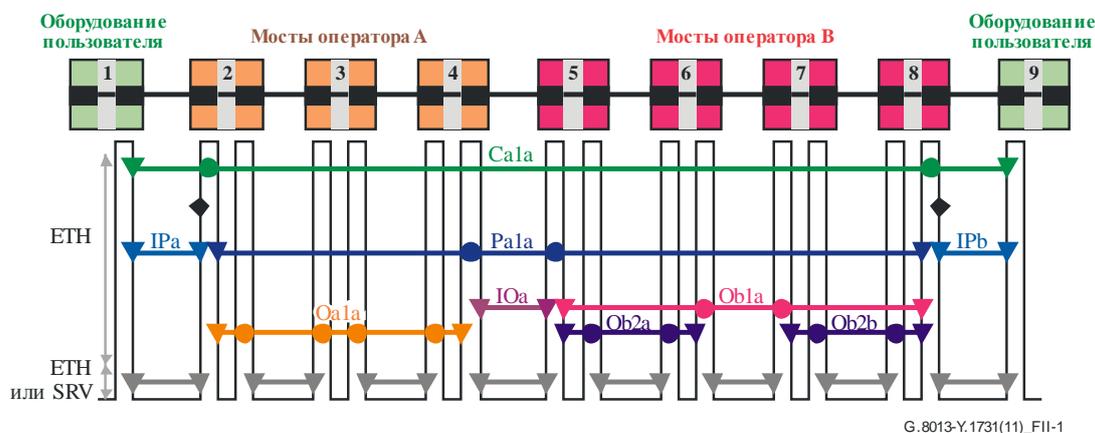


Рисунок I.1 – Пример назначения уровней MEG для совместно используемых уровней MEG

- Объекту обслуживания (ME) пользователя (Cala) может быть назначен уровень MEG пользователя 5. Это позволит создать большее количество ME пользователя на более высоких уровнях MEG, то есть 6 и 7, если требуются ME пользователя на дополнительных уровнях MEG пользователя.
- Объекту обслуживания (ME) провайдера (PaLa) может быть назначен уровень MEG провайдера 4. Это позволит создать большее количество ME провайдера на более низком уровне MEG, то есть 3, если требуются дополнительные ME на более низком уровне MEG провайдера.
- Сквозным объектам обслуживания оператора (OaLa и ObLa) может быть назначен уровень MEG оператора 2. Это позволит создать большее количество ME оператора на более низких уровнях MEG, то есть 1 и 0, если в сети каждого оператора требуются эти ME оператора на дополнительных уровнях MEG оператора.
- Сегментным объектам обслуживания оператора в сети оператора B (Ob2a и Ob2b) теперь может быть назначен более низкий уровень MEG, например 1, если такие ME нужны оператору B.
- Объектам обслуживания между пользователем и провайдером (IPa и IPb) может быть назначен уровень MEG 0. Это позволит провайдерам отфильтровать на UNI_N такие кадры OAM, поскольку провайдеру требуется обеспечить прозрачность только для уровней MEG пользователя 7, 6 и 5.
- Межоператорскому ME (IOa) может быть назначен уровень MEG 0. Это позволит оператору фильтровать такие кадры OAM, поскольку оператору требуется обеспечить прозрачность только для уровней MEG пользователя и провайдера.

I.2 Пример с независимыми уровнями MEG

На рисунке I.2 показан примерный сценарий, где пользователь и провайдер услуги не используют одни и те же уровни MEG. Однако провайдер услуги и оператор совместно используют одни и те же уровни MEG. На этом рисунке треугольники обозначают точки MEP, круги – точки MIP, а ромбы – точки TrCP.

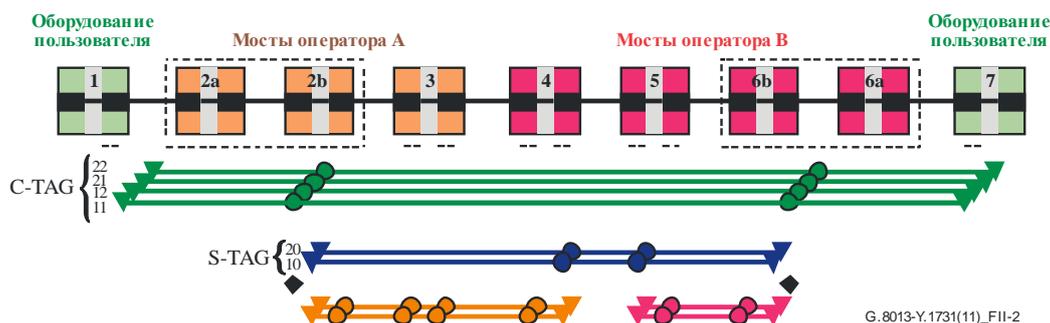


Рисунок I.2 – Пример назначения уровней MEG для независимых уровней MEG

- В вышеприведенном примере четыре виртуальных локальных сети (VLAN) пользователя (11, 12, 21 и 22) и соответствующие MEG пользователя (C-TAG, см. рисунок) полностью независимы от двух виртуальных локальных сетей провайдера услуг (20 и 10) и соответствующих MEG провайдера услуг (S-TAG, см. рисунок).
- Как следствие этого, пользователь и провайдер услуг могут независимо использовать все восемь уровней MEG.
- Однако провайдер услуг и оператор совместно используют пространство уровня MEG аналогично тому, как показано на рисунке I.1. В таком случае восемь уровней MEG могут быть взаимно согласованы между провайдером услуг и оператором.
- В вышеприведенном примере пользователь должен передавать кадры OAM в виде кадров с метками VLAN или с метками приоритета, для того чтобы независимо использовать все восемь уровней MEG. Однако если пользователь использует непомеченные кадры OAM, уровни MEG более не будут независимыми, а уровни MEG пользователя и провайдера должны быть взаимно согласованы между пользователем и провайдером услуг.

Дополнение II

Измерение числа потерянных кадров

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Для вычисления числа потерянных кадров следует принимать во внимание четыре нижеописанных случая:

- a) нециклическая работа счетчика приема или передачи;
- b) циклическая работа только счетчика передачи;
- c) циклическая работа только счетчика приема;
- d) оба счетчика – приема и передачи – работают в режиме циклического возврата.

Для каждого случая число потерянных кадров можно вычислить следующим образом.

- a) Нециклическая работа счетчиков приема и передачи

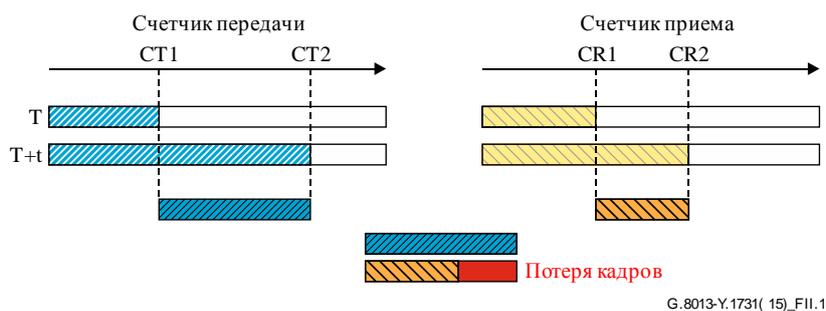


Рисунок II.1 – Нет циклического возврата

В этом случае число потерянных кадров можно вычислить при помощи простой формулы:

$$\text{Число потерянных кадров} = (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1).$$

- b) Циклическая работа только счетчика передачи

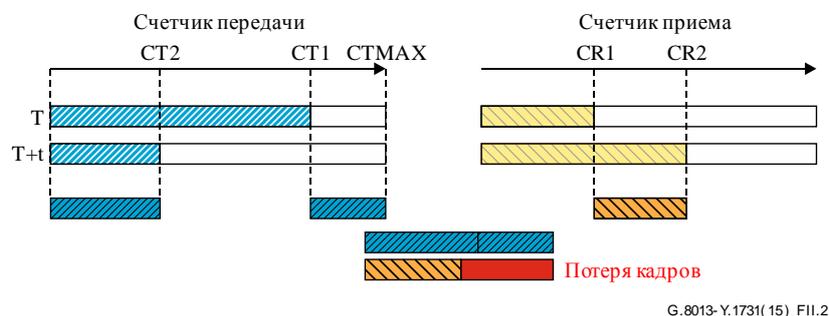


Рисунок II.2 – Циклическая работа счетчика передачи

В таком случае число потерянных кадров можно вычислить при помощи следующего уравнения, как описано в предыдущем пункте:

$$\begin{aligned} \text{Число потерянных кадров} &= ((CTMAX - CT1) + CT2 + 1) - (CR2 - CR1) \\ &= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) + (CTMAX + 1). \end{aligned}$$

с) Циклическая работа только счетчика приема

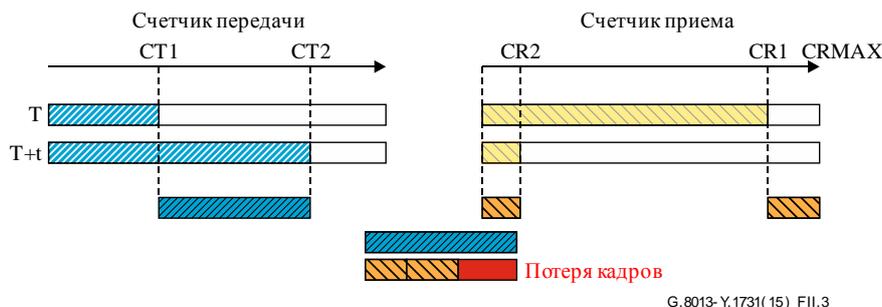


Рисунок П.3 – Циклическая работа счетчика приема

$$\begin{aligned} \text{Число потерянных кадров} &= (CT2 - CT1) - ((CRMAX - CR1) + CR2 + 1) \\ &= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) - (CRMAX + 1). \end{aligned}$$

д) Оба счетчика – приема и передачи – работают в режиме циклического возврата

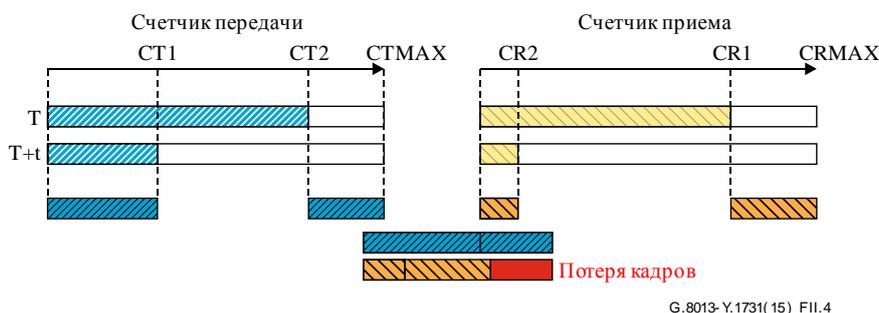


Рисунок П.4 – Оба счетчика работают в режиме циклического возврата

$$\begin{aligned} \text{Число потерянных кадров} &= ((CTMAX - CT1) + CT2 + 1) - ((CRMAX - CR1) + CR2 + 1) \\ &= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) + (CTMAX + 1) - (CRMAX + 1). \end{aligned}$$

П.1 Упрощенные вычисления числа потерянных кадров

Если вычисления выполняются в схеме без учета знака величины, формула расчета числа потерянных кадров может быть значительно упрощена с учетом следующих признаков:

$$N + (MAX + 1) \equiv N \pmod{MAX + 1};$$

$$N - (MAX + 1) \equiv N \pmod{MAX + 1}.$$

Следовательно, формулы расчета числа потерянных кадров (описанные в пунктах 8.1.1 и 8.1.2) могут быть преобразованы следующим образом:

а) Число потерянных кадров = $(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)$;

б) Число потерянных кадров = $(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) + CTMAX + 1$
 $= ((CT2 + (CTMAX + 1)) - CT1) - (CR2 - CR1)$
 $= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)$;

с) Число потерянных кадров = $(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) - (CRMAX + 1)$
 $= (CT2 - CT1) - ((CR2 + CRMAX + 1) - CR1)$
 $= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)$;

д) Число потерянных кадров = $(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) + (CTMAX + 1) - (CRMAX + 1)$
 $= ((CT2 + (CTMAX + 1)) - CT1) - ((CR2 + (CRMAX + 1)) - CR1)$
 $= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)$.

Как описано выше, для любого случая число потерянных кадров можно вычислить при помощи одной-единственной расчетной формулы, если вычисления выполняются в схеме без учета знака величины.

II.2 Периодичность обнуления счетчика кадров

В данном разделе рассматривается периодичность обнуления счетчиков кадров для различных скоростей интерфейса и различных размеров кадра. Рассматриваются следующие скорости интерфейса: 1 Гбит/с, 10 Гбит/с и 100 Гбит/с. Рассматриваются следующие размеры кадра: 64 байта (минимальный размер кадра для Ethernet) и 1522 байта (максимальный размер кадра для Ethernet).

Таблица II.1 – Периодичность обнуления счетчика кадров

Скорость интерфейса	Размер кадра	Периодичность обнуления 4-байтового счетчика кадров
1 Гбит/с	64 байта	$(2^{32})/((10^9)/((64+12)*8)) = 2611$ секунд
1 Гбит/с	1522 байта	$(2^{32})/((10^9)/((1522+12)*8)) = 52\,707$ секунд
10 Гбит/с	64 байта	$(2^{32})/(((10*(10^9))/((64+12)*8)) = 261$ секунда
10 Гбит/с	1522 байта	$(2^{32})/(((10*(10^9))/((1522+12)*8)) = 5270$ секунд
100 Гбит/с	64 байта	$(2^{32})/(((100*(10^9))/((64+12)*8)) = 26$ секунд
100 Гбит/с	1522 байта	$(2^{32})/(((100*(10^9))/((1522+12)*8)) = 527$ секунд

Дополнение III

Межсетевое взаимодействие сети OAM

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Требования по взаимодействию между многоуровневыми сетями имеют следующий вид:

- после обнаружения состояния неисправности на уровне сервера функция адаптации между сервером и клиентом должна иметь возможность ввести AIS на уровне клиента;
- формат вводимого AIS определяется данным уровнем клиента.

Например, когда уровень клиента = Ethernet, используется MEP сервера.

Дополнение IV

Ошибочное объединение, обнаружение, ограничение

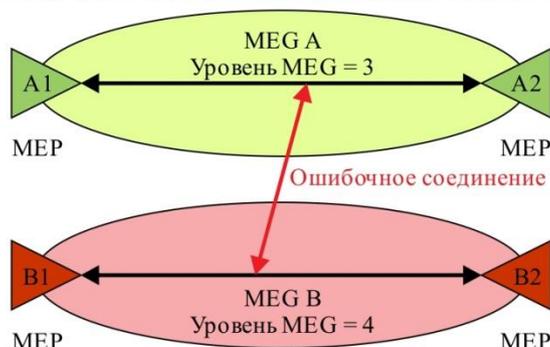
(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Точки МЕР в целях обнаружения неисправности рассматривают только кадры ССМ с уровнями МЕГ, равными или меньше их собственного. Кадры ССМ с более высокими уровнями МЕГ проходят сквозь них без изменений для обеспечения прозрачности ОАМ, как определено в пункте 5.4. Такое поведение приводит к ограничению возможности обнаружения ошибочного объединения, как показано на рисунке IV.1, ниже.

В случае ошибочного объединения между группами МЕГ с различными уровнями МЕГ оконечные точки МЕР группы объектов обслуживания (МЕГ) с меньшим уровнем МЕГ не обнаружат никаких неисправностей, поскольку кадры ССМ, приходящие из МЕГ с более высоким уровнем МЕГ, прозрачно проходят через оконечные точки объекта. Точки МЕР группы МЕГ с более высоким уровнем МЕГ будут обнаруживать состояние неисправности "неожиданный уровень МЕГ" (Unexpected MEGLevel).

В случае однонаправленного ошибочного объединения от МЕГ с более высоким уровнем МЕГ на МЕГ с меньшим уровнем МЕГ никакой неисправности обнаружено не будет.

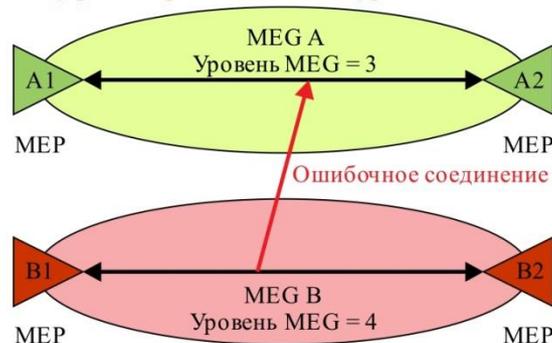
Точки МЕР группы МЕГ А не обнаружили никаких дефектов, поскольку рассматривались только уровни МЕГ 3 и ниже!



Неожиданный уровень МЕГ, обнаруженный точками МЕР группы МЕГ В

а) Двустороннее ошибочное объединение

Точки МЕР группы МЕГ А не обнаружили никаких дефектов, поскольку рассматривались только уровни МЕГ 3 и ниже!



Не обнаружено никаких дефектов, поскольку в МЕГ В нет ошибочных соединений

б) Одностороннее ошибочное соединение

G.8013-Y.1731(15)_R4-1

Рисунок IV.1 – Ошибочное объединение, обнаружение, ограничение

Дополнение V

Соответствие терминологии стандарту [IEEE 802.1Q]

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Ниже приводится связь терминологии, используемой в настоящей Рекомендации и в [IEEE 802.1Q].

Таблица V.1 – Соответствие терминологии

Термин МСЭ-Т G.8013/Y.1731	Термин стандарта [IEEE 802.1Q]	Примечания
MEG	MA	
MEG ID	MAID (имя домена + короткое имя MA)	В отличие от [IEEE 802.1Q], ID MEG не предусматривает разделения между именем домена и коротким именем MEG в [ITU-T Y.1731]
MEG Level	MA Level	

Дополнение VI

Примеры, демонстрирующие точность измерения ETH-SLM

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Измерение синтетических потерь – это измерение потери кадров методом выборки, поэтому измеренное значение FLR будет распределено вблизи фактического значения потерь по закону биномиального распределения. Среднее измеренное значение FLR всегда равно фактическому значению FLR, тогда как стандартное отклонение зависит от размера выборки. В этой связи стандартное отклонение можно использовать для иллюстрации точности измеренного результата FLR. В таблице VI.1 показано стандартное отклонение для различных значений реальных потерь и размера выборки (то есть количества переданных кадров SLM). При использовании ETH-SLM размер выборки следует определять таким образом, чтобы стандартное отклонение было малым по сравнению с любым порогом FLR, который используется для запуска действия. Это обеспечит низкую вероятность ложных срабатываний.

Таблица VI.1 – Стандартное отклонение при различных значениях реальных потерь и размера выборки

Фактический FLR	Количество образцов	Интервал передачи	Стандартное отклонение (процентные пункты FLR)
50%	10	100 мс	15,81%
50%	100	10 мс	5,00%
50%	1000	1 мс	1,58%
10%	10	100 мс	9,49%
10%	100	10 мс	3,00%
10%	1000	1 мс	0,95%
1%	10	100 мс	3,15%
1%	100	10 мс	0,99%
1%	1000	1 мс	0,31%
0,1%	10	100 мс	1,00%
0,1%	100	10 мс	0,31%
0,1%	1000	1 мс	0,1%

Отметим, что если размер выборки увеличивается в n раз, то стандартное отклонение уменьшается в \sqrt{n} раз.

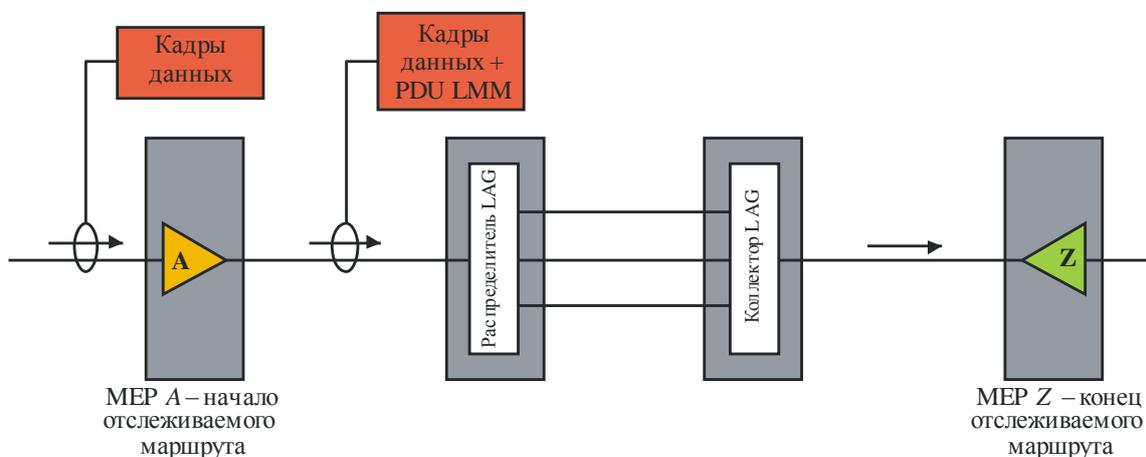
Дополнение VII

ETH-LM и агрегация линий

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Агрегация линий (LAG), как указано в [b-IEEE 802.1AX], может повлиять на эффективность механизмов OAM, описанных в настоящей Рекомендации, а также в [ITU-T G.8021] и [IEEE 802.1Q]. Эти механизмы OAM, основанные на служебных кадрах, такие как ETH-LM, требуют сохранения порядка кадров, в то время как механизмы на основе синтетических кадров, такие как ETH-DM и ETH-SLM (и ETH-CC), допускают выборку всех возможных линий/маршрутов передачи. Хотя в этом Дополнении основное внимание уделяется ETH-LM, другие механизмы OAM также могут столкнуться с подобными проблемами, если они контролируют часть предполагаемого потока. Этих проблем можно избежать, например, если для переключения защиты используется LAG (то есть LAG с двумя агрегированными линиями, в которых весь трафик перенаправляется на активный транспортный объект), или если используется LAG с хешированием, управляемым потоком (то есть весь трафик в данном потоке направляется в одну и ту же агрегированную линию).

В частности, с учетом измерения потери кадров Ethernet механизм ETH-LM в принципе способен точно обнаруживать одиночные события потери кадра при ETH-соединении из пункта в пункт между двумя оконечными МЕР (например, МЕР А и Z на рисунке VII.1, иллюстрирующем обсуждаемый ниже сценарий). Однако на эту точность может повлиять переупорядочение кадров в ETH-соединении. Порядок следования блоков PDU ETH-LM относительно подсчитываемых кадров играет важную роль.



G.8013-Y.1731(13)_FVII.1

Рисунок VII.1 – Отслеживаемый маршрут для измерения потери кадров между двумя оконечными МЕР

Метод измерения ETH-LM основан на предположении, что положение блоков PDU ETH-LM в потоке подсчитываемых кадров между МЕР источника и МЕР приемника остается одинаковым. Это обеспечивает необходимую синхронизацию между счетчиками на обоих концах линии. Сохранение порядка следования кадров для службы MAC является характерным свойством пересылки в мостах Ethernet. Однако в некоторых реализациях агрегированных линий (LAG) нельзя гарантировать сохранение порядка следования кадров по всей совокупной полосе пропускания. LAG избегает переупорядочения кадров, назначая всем кадрам данного "диалога" одну и ту же агрегированную линию. Это гарантирует сохранение порядка следования кадров в каждом "диалоге", но не обязательно между "диалогами".

Стандартные реализации функции распределителя кадров LAG (распределитель) работают в основном автономно и обнаруживают "диалоги" путем хеширования не только по идентификатору VLAN (VID) и приоритету передаваемых блоков PDU ETH-LM и подсчитываемых кадров, но и, например, по MAC- и/или IP-адресам источника и получателя. Набор PDU ETH-LM и кадры, которые

они должны подсчитывать, как правило, содержат множество значений в тех полях, на которых распределитель основывает присвоенное значение хеша и, следовательно, назначение агрегированной линии.

Исходя из предположения, что сегмент/агрегация LAG должен/должна пересекаться где-то вдоль маршрута между двумя оконечными МЕР, PDU ETH-LM и подсчитываемые кадры могут перенаправляться в разные агрегированные линии. Это происходит, даже если все они передаются с одним и тем же VID и приоритетом, поскольку распределитель может рассмотреть больше полей кадра для выбора назначенной агрегированной линии. Сами подсчитываемые кадры, если они принадлежат к разным "диалогам", могут распределяться по разным агрегированным линиям. Переупорядочение также может зависеть от других факторов, таких как объем трафика в сегменте LAG, разнообразие значений длины кадров или количество "диалогов", которые может обнаружить распределитель.

Функция коллектора кадров LAG (коллектор) относительно проста по сравнению с функцией распределителя, поскольку она полагается на последнюю для упорядочения кадров (в "диалогах"). Таким образом, она просто передает кадры, полученные из агрегированных линий, в порядке их поступления. Поэтому кадры с одним и тем же VID и приоритетом, которые были перенаправлены распределителем в разные агрегированные линии, не переупорядочиваются коллектором и, вероятно, будут следовать в разном порядке до и после прохождения сегмента LAG.

При получении PDU LMM МЕР приемника считывает значение своего локального счетчика и сравнивает его со значением счетчика в самом PDU LMM, что обеспечивает подсчет, эквивалентный подсчету в МЕР источника. Как показано на рисунке VII.2, если положение PDU LMM сдвигается относительно окружающих его – то есть подсчитываемых – кадров, такое сравнение укажет на искусственную потерю (или добавление) кадра, даже если фактическая потеря (или добавление) кадра отсутствует. Это ограничивает точность, которая может быть достигнута с помощью этого метода измерения потери кадров.

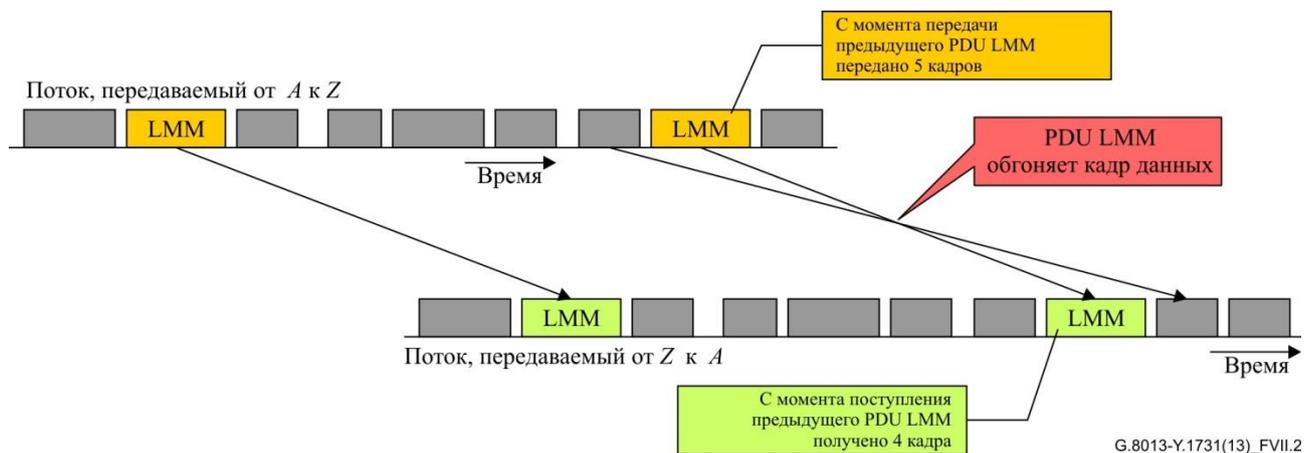


Рисунок VII.2 – PDU LMM обгоняет кадр данных, вызывая искусственную потерю (или добавление) кадра

Так как на порядок следования кадров в сегменте LAG влияют многие факторы, трудно предсказать, как часто будут происходить такие ошибки. Вероятно, ошибка составит плюс-минус несколько кадров. Поскольку блоки PDU ETH-LM коротки, они, как правило, обгоняют более длинные кадры в сегменте LAG. Следовательно, искусственная потеря кадра может произойти раньше, чем она будет компенсирована искусственным добавлением кадра. Кроме того, могут быть интервалы измерения, в которых трафик конечного пользователя очень мал (например, в резервных соединениях). В такие интервалы (относительная) погрешность в заявленной интенсивности потери кадров, вызванной переупорядочением, может значительно возрасти. Отметим, что сегмент LAG обычно обрабатывает намного больший объем трафика, чем просто поток, измеренный ETH-LM, поэтому вероятность переупорядочения может не сильно зависеть от объема трафика в самом контролируемом потоке ETH-LM.

На практике, поскольку счетчики служебных кадров работают постоянно, искусственная потеря или добавление кадра отменяется в следующем LMR, но может заменяться новой ошибкой, если переупорядочение продолжается. Если последние PDU LMM и LMR, которые используются на данном интервале измерения (обычно 15-минутном или 24-часовом), не переупорядочиваются, то любые ошибки, внесенные до этого, компенсируются. При длинном интервале измерения погрешность может быть мала по сравнению с количеством служебных кадров. Однако на небольших временных интервалах, используемых для оценки готовности, может быть всего несколько служебных кадров, так что погрешность переупорядочения может быть достаточной, чтобы вызвать ложное или пропущенное пересечение порога FLR, что приведет к неверному значению времени неготовности.

Библиография

- [b-IEEE 802.1AX] IEEE 802.1AX (2008), *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks: Link Aggregation*
- [b-IETF RFC 2544] IETF RFC 2544 (1999), *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*.
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>>

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y
**ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА,
 АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ**

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Общие положения	Y.100–Y.199
Услуги, приложения и промежуточные программные средства	Y.200–Y.299
Сетевые аспекты	Y.300–Y.399
Интерфейсы и протоколы	Y.400–Y.499
Нумерация, адресация и присваивание имен	Y.500–Y.599
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.600–Y.699
Безопасность	Y.700–Y.799
Рабочие характеристики	Y.800–Y.899
АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ	
Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, возможности сетей и административное управление ресурсами	Y.1200–Y.1299
Транспортирование	Y.1300–Y.1399
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые показатели качества	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление платы	Y.1800–Y.1899
IPTV по СПП	Y.1900–Y.1999
СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ	
Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты обслуживания: возможности услуг и архитектура услуг	Y.2200–Y.2249
Аспекты обслуживания: функциональная совместимость услуг и сетей в СПП	Y.2250–Y.2299
Нумерация, присваивание имен и адресация	Y.2300–Y.2399
Управление сетью	Y.2400–Y.2499
Архитектура и протоколы сетевого управления	Y.2500–Y.2599
Пакетные сети	Y.2600–Y.2699
Безопасность	Y.2700–Y.2799
Обобщенная мобильность	Y.2800–Y.2899
Открытая среда операторского класса	Y.2900–Y.2999
БУДУЩИЕ СЕТИ	Y.3000–Y.3499
ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ	Y.3500–Y.3999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системфы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Оконечное оборудование, субъективные и объективные методы оценки
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи