



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

**МСЭ-Т**

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

**Y.1731**

(05/2006)

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

Аспекты межсетевого протокола – Эксплуатация,  
управление и техническое обслуживание

---

**Функции и механизмы ОАМ для сетей  
на базе Ethernet**

Рекомендация МСЭ-Т Y.1731

---

## РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ  
МЕЖСЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Общие положения	Y.100–Y.199
Службы, 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 МЕЖСЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА	
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
<b>Эксплуатация, управление и техническое обслуживание</b>	<b>Y.1700–Y.1799</b>
Начисление платы	Y.1800–Y.1899
СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ	
Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты служб: возможности служб и архитектура служб	Y.2200–Y.2249
Аспекты служб: взаимодействие служб и 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
Безопасность	Y.2700–Y.2799
Обобщенная мобильность	Y.2800–Y.2899

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

## **Рекомендация МСЭ-Т Y.1731**

### **Функции и механизмы ОАМ для сетей на базе Ethernet**

#### **Резюме**

В настоящей Рекомендации 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.

#### **Источник**

Рекомендация МСЭ-Т Y.1731 утверждена 22 мая 2006 года 13-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. 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 с целью 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 носит добровольный характер. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (например, для обеспечения возможности взаимодействия или применимости), и соблюдение положений данной Рекомендации достигается в случае выполнения всех этих обязательных положений. Для выражения необходимости выполнения требований используется синтаксис долженствования и соответствующие слова (такие, как "должен" и т. п.), а также их отрицательные эквиваленты. Использование этих слов не предполагает, что соблюдение положений данной Рекомендации является обязательным для какой-либо из сторон.

## ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или реализация этой Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это 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 2007

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1	Сфера применения ..... 1
2	Справочные документы ..... 1
3	Определения ..... 1
4	Сокращения ..... 4
5	Условные обозначения ..... 6
5.1	Объект обслуживания (Maintenance Entity – ME) ..... 6
5.2	Группа объектов обслуживания (MEG)..... 7
5.3	Оконечная точка группы объектов обслуживания (MEP) ..... 7
5.4	Промежуточная точка группы объектов обслуживания (MIP) ..... 8
5.5	Точка, определяющая параметры трафика (TrCP) ..... 8
5.6	Уровень группы объектов обслуживания ..... 8
5.7	Прозрачность OAM ..... 8
5.8	Представление байтов ..... 9
6	Взаимосвязи OAM ..... 9
6.1	Взаимосвязь ME, MEP, MIP и TrCP ..... 9
6.2	Взаимосвязь MEG и уровня MEG ..... 9
6.3	Конфигурация промежуточных и конечных точек MEG ..... 10
7	Функции OAM по устранению неисправностей ..... 10
7.1	Проверка целостности сети Ethernet (ETH-CC) ..... 11
7.2	Проверка Ethernet по шлейфу (ETH-LB) ..... 13
7.3	Трассировка линий Ethernet (ETH-LT) ..... 16
7.4	Сигнал индикации аварии Ethernet (ETH-AIS) ..... 18
7.5	Индикация ошибок на удаленном конце Ethernet (ETH-RDI)..... 20
7.6	Блокированный сигнал Ethernet (ETH-LCK)..... 21
7.7	Испытательный сигнал Ethernet (ETH-Test)..... 22
7.8	Автоматическое защитное переключение Ethernet (ETH-APS) ..... 23
7.9	Канал связи для обслуживания Ethernet (ETH-MCC) ..... 23
7.10	Экспериментальные функции OAM для Ethernet (ETH-EXP)..... 23
7.11	Функции OAM, определяемые поставщиком (ETH-VSP) ..... 24
8	Функции OAM для контроля качества работы ..... 24
8.1	Измерение числа потерянных кадров (ETH-LM) ..... 25
8.2	Измерение времени задержки кадра (ETH-DM)..... 27
8.3	Измерение пропускной способности ..... 29
9	Типы протокольных блоков данных (PDU) OAM ..... 30
9.1	Общие информационные элементы OAM..... 30
9.2	Протокольный блок данных CCM ..... 32
9.3	Протокольный блок данных (PDU) LBM ..... 34

9.4	Протокольный блок данных (PDU) LBR .....	36
9.5	Протокольный блок данных (PDU) LTM .....	37
9.6	Протокольный блок данных (PDU) LTR .....	39
9.7	Протокольный блок данных (PDU) AIS .....	40
9.8	Кадр LCK .....	41
9.9	Протокольный блок данных (PDU) TST .....	42
9.10	Протокольный блок данных (PDU) APS .....	43
9.11	Протокольный блок данных (PDU) MCC .....	44
9.12	Протокольный блок данных (PDU) LMM .....	45
9.13	Протокольный блок данных (PDU) LMR .....	45
9.14	Протокольный блок данных (PDU) IDM .....	46
9.15	Протокольный блок данных (PDU) DMM .....	47
9.16	Протокольный блок данных (PDU) DMR .....	48
9.17	Протокольный блок данных (PDU) EXM .....	49
9.18	Протокольный блок данных (PDU) EXR .....	50
9.19	Протокольный блок данных (PDU) VSM .....	51
9.20	Протокольный блок данных (PDU) VSR .....	52
10	Кадровые адреса OAM .....	53
10.1	Адреса абонентов многоадресной доставки .....	54
10.2	CCM .....	54
10.3	LBM .....	54
10.4	LBR .....	54
10.5	LTM .....	54
10.6	LTR .....	54
10.7	AIS .....	54
10.8	LCK .....	55
10.9	TST .....	55
10.10	APS .....	55
10.11	MCC .....	55
10.12	LMM .....	55
10.13	LMR .....	55
10.14	IDM .....	55
10.15	DMM .....	55
10.16	DMR .....	55
10.17	EXM .....	55
10.18	EXR .....	55
10.19	VSM .....	55
10.20	VSR .....	55

	<b>Стр.</b>
Приложение А – Формат ID для MEG .....	57
Дополнение I – Состояния неисправности .....	59
I.1    Состояние потери соединения (LOC) .....	59
I.2    Состояние ошибочного объединения .....	59
I.3    Состояние "Неожиданная MEP" (UnexpectedMEP).....	60
I.4    Состояние "Неожиданный уровень" (UnexpectedMEGLevel) .....	60
I.5    Состояние "Неожиданный период" (UnexpectedPeriod) .....	60
I.6    Состояние пропадание сигнала (SignalFail) .....	61
I.7    Состояние AIS.....	61
I.8    Состояние RDI .....	62
I.9    Состояние LCK .....	62
Дополнение II – Сценарии создания сети Ethernet.....	63
II.1    Пример с совместно используемыми уровнями MEG .....	63
II.2    Пример с независимыми уровнями MEG.....	64
Дополнение III – Измерение числа потерянных кадров.....	65
III.1    Вычисление числа потерянных кадров.....	65
III.2    Периодичность обнуления счетчика кадров .....	67
Дополнение IV – Межсетевое взаимодействие сети OAM .....	67
Дополнение V – Ошибочное объединение, обнаружение, ограничение .....	68
Дополнение VI – Соответствие терминологии с проектом стандарта IEEE 802.1ag.....	69
БИБЛИОГРАФИЯ .....	70

## **Введение**

13-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т (ИК13) подготовила настоящую Рекомендацию совместно с проектной группой IEEE 802.1ag (Устранение неисправностей соединения). Были приложены все усилия по согласованию этих работ; однако работы в рамках IEEE не были завершены на тот момент, когда была согласована настоящая Рекомендация. Когда будет завершена работа IEEE, могут потребоваться дополнительные уточнения и добавления к настоящей Рекомендации для полного согласования окончательных результатов и включения соответствующих нормативных справочных документов в документы IEEE. Кроме того, в нужное время 15-я Исследовательская комиссия МСЭ-Т выполнит необходимые действия по уточнению подробностей реализации (т. е. спецификации функционирования оборудования).

## Функции и механизмы 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. 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 G.8010/Y.1306, которая учитывает стандарты IEEE 802.1D, 802.1Q и 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 Recommendation G.805 (2000), *Generic functional architecture of transport networks*.
- ITU-T Recommendation G.806 (2006), *Characteristics of transport equipment – Description methodology and generic functionality*.
- ITU-T Recommendation G.809 (2003), *Functional architecture of connectionless layer networks*.
- ITU-T Recommendation G.826 (2002), *End-to-end error performance parameters and objectives for international, constant bit-rate digital paths and connections*.
- ITU-T Recommendation G.7710/Y.1701 (2001), *Common equipment management function requirements*.
- ITU-T Recommendation G.8010/Y.1306 (2004), *Architecture of Ethernet layer networks*.
- ITU-T Recommendation G.8021/Y.1341 (2004), *Characteristics of Ethernet transport network equipment functional blocks*.
- ITU-T Recommendation G.8031/Y.1342 (2006), *Ethernet protection switching*.
- ITU-T Recommendation M.1400 (2006), *Designations for interconnections among operators' networks*.
- ITU-T Recommendation O.150 (1996), *General requirements for instrumentation for performance measurements on digital transmission equipment*.
- ITU-T Recommendation T.50 (1992), *International Reference Alphabet (IRA) (Formerly International Alphabet No. 5 or IAS) – Information technology – 7-bit coded character set for information interchange*.
- ITU-T Recommendation Y.1730 (2004), *Requirements for OAM functions in Ethernet-based networks and Ethernet services*.

- IEEE 802-2001, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture.*
- IEEE 802.1D-2004, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Access Control (MAC) Bridges.*
- IEEE 802.1Q-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks.*
- IEEE 802.3-2002, *Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – LAN/MAN – Specific Requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications.*
- IEEE 1588-2002, *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.*
- MEF 10 (2004), *Ethernet Services Attributes: Phase 1.*

### **3 Определения**

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в Рекомендации МСЭ-Т G.805:

- 3.1** connection point - точка соединения
- 3.2** link – линия
- 3.3** link connection – линейное соединение
- 3.4** network connection – сетевое соединение
- 3.5** network operator – оператор сети
- 3.6** service provider – провайдер услуг
- 3.7** termination connection point – оконечная точка соединения
- 3.8** trail – маршрут
- 3.9** trail termination – завершение маршрута

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в Рекомендации МСЭ-Т G.806:

- 3.10** defect – неисправность
- 3.11** failure – отказ

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в Рекомендации МСЭ-Т G.809:

- 3.12** adaptation – адаптация
- 3.13** adapted information – адаптированная информация
- 3.14** client/server relationship – взаимоотношения клиент/сервер
- 3.15** connectionless trail – маршрут без установления соединения
- 3.16** flow – поток
- 3.17** flow domain – домен потока
- 3.18** flow domain flow – поток доменов потока
- 3.19** flow point – точка потока

- 3.20 flow point pool – набор точек потока
- 3.21 flow point pool link – линия набора точек потока
- 3.22 flow termination – завершение потока
- 3.23 flow termination sink – окончательный приемник потока
- 3.24 flow termination source – окончательный источник потока
- 3.25 layer network – многоуровневая сеть
- 3.26 link flow – линейный поток
- 3.27 network – сеть
- 3.28 port – порт
- 3.29 reference point – эталонная точка
- 3.30 traffic unit – единица трафика
- 3.31 transport – транспорт
- 3.32 transport entity – транспортный блок
- 3.33 transport processing function – функции обработки транспорта
- 3.34 termination flow point – точка завершения потока
- 3.35 termination flow point pool – набор точек завершения потока

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в Рекомендации МСЭ-Т G.8010/Y.1306:

- 3.36 ETH trail – маршрут EТН
- 3.37 ETH link – линия EТН
- 3.38 point-to-point Ethernet connection – соединение Ethernet из пункта в пункт
- 3.39 multipoint Ethernet connectivity – возможность многопунктового соединения Ethernet
- 3.40 multipoint Ethernet connection – многопунктовое соединение Ethernet

В настоящей Рекомендации используется следующий термин, определенный в IEEE 802-2001:

- 3.41 Organizationally Unique Identifier – Организационно уникальный идентификатор

В настоящей Рекомендации используются следующие термины:

- 3.42 **функции OAM на неработающей сети (out-of-service OAM):** Функции OAM на неработающей сети обозначают действия OAM, выполняемые с перерывом передачи трафика.
- 3.43 **функции OAM на работающей сети (in-service OAM):** Функции OAM без перерыва связи обозначают действия OAM, выполняемые без перерыва передачи трафика, в предположении, что данные трафика остаются прозрачными для действий OAM.
- 3.44 **упреждающие функции OAM (proactive OAM):** Упреждающие функции OAM обозначают действия OAM, выполняемые непрерывно с целью упреждающего сообщения о неисправности и/или о показателях качества.
- 3.45 **функции OAM по запросу (on-demand OAM):** Функции OAM по запросу обозначают действия OAM, выполнение которых инициируется оператором вручную на ограниченный промежуток времени для осуществления диагностики. Запрос OAM может привести к единичным или периодическим действиям OAM на протяжении времени диагностики.

## 4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

1DM	One-way Delay Measurement	Измерение задержки передачи сигнала в одном направлении
AIS	Alarm Indication Signal	Сигнал индикации аварии
AP	Access Point	Точка доступа
APS	Automatic Protection Switching	Автоматическое защитное переключение
CCM	Continuity Check Message	сигнал контроля целостности
CE	Customer Edge	Сторона пользователя
CoS	Class of Service	Класс обслуживания
CP	Connection Point	Точка соединения
DA	Destination MAC Address	MAC адрес получателя
DMM	Delay Measurement Message	Запрос измерения задержки
DMR	Delay Measurement Reply	Ответ измерения задержки
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-CC	Ethernet Continuity Check function	Функция Ethernet – Проверка целостности сети
ETH-DM	Ethernet Delay Measurement function	Функция Ethernet – Измерение задержки
ETH-EXP	Ethernet Experimental OAM function	Экспериментальные функции OAM для Ethernet
ETH_FP	Ethernet Flow Point	Точка потока 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-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 OAM для Ethernet, определяемые поставщиком
ETY	Ethernet PHY layer network	Сеть физического уровня Ethernet
EXM	Experimental OAM Message	Запрос экспериментальных OAM
EXR	Experimental OAM Reply	Ответ экспериментальных OAM
FD	Flow Domain	Домен потока
FP	Flow Point	Точка потока
FPP	Flow Point Pool	Набор точек потока
FT	Flow Termination	Завершение потока
ICC	ITU Carrier Code	Код оператора МСЭ

LBM	LoopBack Message	Запрос проверки по шлейфу
LBR	LoopBack Reply	Ответ проверки по шлейфу
LCK	Locked	Заблокирован
LMI	Local Management Interface	Интерфейс локального управления
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
MC	Media Converter	Преобразователь среды 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
MIB	Management Information Base	База данных управляющей информации
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
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
SRV	Server	Сервер
STP	Spanning Tree Protocol	Протокол связующего дерева сети
TC	Traffic Conditioning	Определение параметров трафика

TCI	Tag Control Information	Управляющая информация метки
TFP	Termination Flow Point	Завершающая точка потока
TFPP	Termination Flow Point Pool	Набор завершающих точек потока
TLV	Type, Length, Value	Тип, длина, 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
VID	VLAN Identifier	Идентификатор Виртуальной локальной сети
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 Рекомендаций МСЭ-Т G.805, G.809 и G.8010/Y.1306.

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

### 5.1 Объект обслуживания (Maintenance Entity – ME)

Объект обслуживания представляет собой объект, работой которого необходимо управлять и который описывает взаимодействие между двумя оконечными точками группы объектов обслуживания – MEP (см. п. 5.3). Объекты обслуживания в сетях Ethernet определены на рисунке 23/G.8010/Y.1306 (см. рисунок 5-1), рисунке 24/G.8010/Y.1306 и в параграфе 9/Y.1730. Объекты обслуживания могут быть вложены друг в друга, но не могут перекрываться.

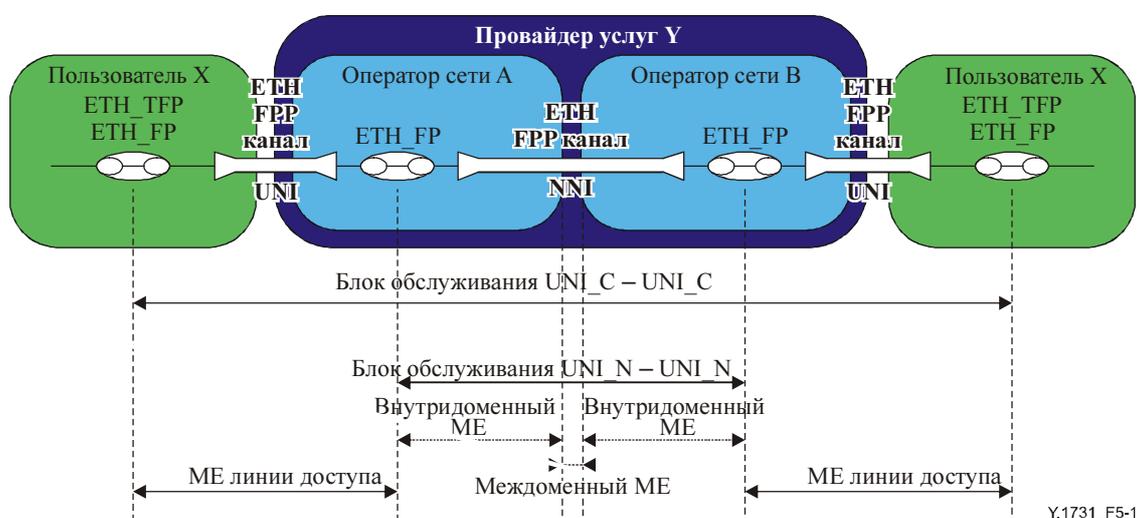


Рисунок 5-1/Y.1731 – Пример объектов обслуживания, связанных с соединениями из пункта в пункт административного домена, показанного на рисунке 23/G.8010/Y.1306

Соответствие объектов обслуживания, определенных в Рекомендациях МСЭ-Т G.8010/Y.1306 и Y.1730, показано в таблице 5-1.

**Таблица 5-1/Y.1731 – Объекты обслуживания, определенные в Рекомендациях МСЭ-Т G.8010/Y.1306 и Y.1730**

<b>Объект обслуживания G.8010/Y.1306</b>	<b>Объект обслуживания Y.1730 ME</b>
UNI_C – UNI-C	UNI–UNI (пользователь)
UNI_N – UNI_N	UNI–UNI (провайдер)
Внутридоменный ME	Сегмент (PE-PE) внутри сети провайдера
Междоменный ME	Сегмент (PE-PE) между провайдерами (провайдер – провайдер)
ME линии доступа	ETU линия OAM – UNI (пользователь – провайдер)
Междоменный ME	ETU линия OAM – NNI (оператор – оператор)

## 5.2 Группа объектов обслуживания (MEG)

Группа объектов обслуживания (MEG) включает в себя различные объекты обслуживания, которые удовлетворяют следующие условия:

- объекты обслуживания в составе MEG существуют в одних и тех же административных границах; и
- объекты обслуживания в составе MEG имеют одинаковый уровень MEG (см. п. 5.6); и
- объекты обслуживания в составе MEG принадлежат к одному и тому же соединению EТН из пункта в пункт или к многопунктовому соединению EТН.

Для соединения EТН 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.

## 5.3 Оконечная точка группы объектов обслуживания (MEP)

Оконечная точка группы объектов обслуживания (MEP) отмечает окончную точку группы объектов обслуживания EТН MEG, которая способна создавать и завершать кадры OAM с целью устранения неисправностей и контроля качества работы. Кадры OAM отличаются от транзитных потоков EТН. Кадры OAM добавляются к совокупности транзитных потоков EТН, и, как предполагается, для них выполняются те же процедуры пересылки, что и для контролируемых с их помощью транзитных потоков EТН. MEP не добавляет новых идентификаторов пересылки к транзитным потокам EТН. MEP не завершает транзитные потоки EТН, хотя может вести наблюдение за ними (например, подсчитывать кадры).

MEP можно описать, используя атомические функции, как в Рекомендации МСЭ-Т G.8021/Y.1341, которые в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

### 5.3.1 MEP сервера

MEP сервера представляет собой комбинированную функцию, состоящую из функции завершения уровня сервера и функции адаптации сервер/EТН, которая используется для обозначения окончных точек группы объектов обслуживания уровня EТН после обнаружения функцией завершения уровня сервера или функцией адаптации сервер/EТН неисправности. В рамках этого объединения ожидается, что функция завершения уровня сервера запустит выполнение механизмов OAM, предназначенных для уровня сервера.

ПРИМЕЧАНИЕ. – MEP сервера должна поддерживать функцию индикации аварии Ethernet (EТН-AIS), как описано в п. 7.4, где требуется функция адаптации сервер/EТН, для того чтобы после обнаружения функцией завершения уровня сервера или функцией адаптации дефекта на уровне сервера создать кадры с информацией EТН-AIS.

MEP сервера можно описать, используя атомические функции, как в Рекомендации МСЭ-Т G.8021/Y.1341, которые в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

#### **5.4 Промежуточная точка группы объектов обслуживания (MIP)**

Промежуточная точка группы MEG (MIP) – это промежуточная точка в группе объектов обслуживания, которая способна воздействовать на некоторые кадры OAM. MIP не создает кадры OAM. MIP не оказывает никакого воздействия на транзитные потоки ETH.

Промежуточную точку MEG (MIP) можно описать, используя атомические функции, как в Рекомендации МСЭ-Т G.8021/Y.1341, которые в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

#### **5.5 Точка, определяющая параметры трафика (TrCP)**

Точка, определяющая параметры трафика (TrCP) – это точка ETH потока, которая способна выполнить функцию определения параметров трафика ETH, которая описана в Рекомендации МСЭ-Т G.8010/Y.1306.

#### **5.6 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 ETH инкапсуляции, уровень MEG в кадре OAM различает потоки OAM вложенных групп объектов обслуживания.

Существует 8 уровней MEG, которые охватывают различные сценарии реализации сети.

Когда трассы передачи потоков данных пользователя, провайдера и оператора невозможно отличить друг от друга средствами уровня ETH 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 не возможно отличить друг от друга средствами уровня ETH инкапсуляции.

Конкретное назначение уровней MEG для различных ролей в конкретных реализациях в настоящей Рекомендации не рассматривается. Некоторые примеры рассмотрены в Рекомендации МСЭ-Т G.8010/Y.1306.

#### **5.7 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 MER, расположенных на границе этого административного домена. MER 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 MER, расположенная на границе административного домена, защищает этот административный домен от попадания в него кадров OAM, принадлежащих другим административным доменам. Эта MER 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 п. 5.6. Однако, если уровни MEG используются ролью пользователя совместно с ролями провайдера и оператора, прозрачность кадров ОАМ 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 ОАМ 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 ОАМ при помощи реализации процесса фильтрации ОАМ в атомических функциях MEP.

## 5.8 Представление байтов

В настоящей Рекомендации байты представлены, как определено в стандарте IEEE 802.1D.

Когда для представления двоичного числа используются последовательные байты, старшим является байт с меньшим номером. Например, если байт1 и байт2 на рисунке 5-2 представляют двоичное число, старшим является байт1.

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

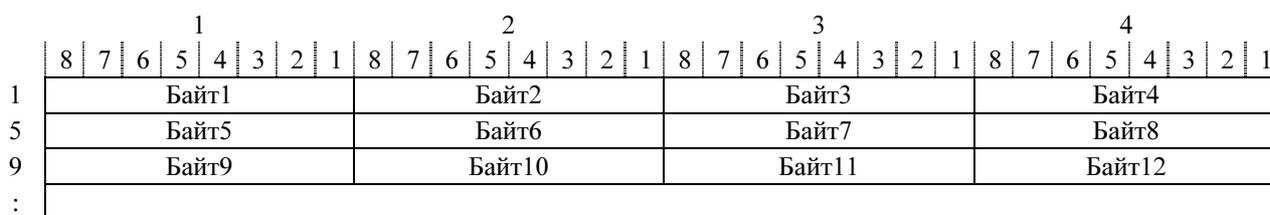


Рисунок 5-2/У.1731 – Пример формата протокольного блока данных (PDU)

## 6 Взаимосвязи ОАМ

### 6.1 Взаимосвязь ME, MEP, MIP и TrCP

В Дополнении II 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 II. Например, провайдеры могут не предоставлять пользователям промежуточных точек группы объектов обслуживания.

### 6.2 Взаимосвязь MEG и уровня 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 ОАМ не могли бы проникать в другие административные домены. Исходный уровень MEG для междоменного потока ОАМ = 0.

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 Рекомендациям МСЭ-Т G.8010/Y.1306 и Y.1730.

**Таблица 6-1/Y.1731 – Примерные назначения уровня MEG для совместно используемых уровней MEG**

<b>MEG в Рекомендациях G.8010/Y.1306</b>	<b>ME в Рекомендации Y.1730</b>	<b>Уровень (уровни) MEG</b>
UNI_C – UNI-C	UNI–UNI (пользователь)	7, 6 или 5
UNI_N – UNI_N	UNI–UNI (провайдер)	4 или 3
Внутридоменный ME	Сегмент (PE–PE) внутри сети провайдера	4 или 3
Междоменный ME	Сегмент (PE–PE) между провайдерами (провайдер – провайдер)	0 (исходный)
ME линии доступа	ЕТУ линия ОАМ – UNI (пользователь – провайдер)	0 (исходный)
Междоменный ME	ЕТУ линия ОАМ – NNI (оператор – оператор)	0 (исходный)

Как сказано в п. 5.6, уровни MEG, совместно используемые потоками ОАМ вложенных друг в друга групп MEG пользователя, провайдера и оператора, невозможно отличить друг от друга средствами уровня ЕТН инкапсуляции. Однако если потоки ОАМ вложенных друг в друга MEG пользователя, провайдера и оператора можно отличить друг от друга средствами уровня ЕТН 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, ME между провайдерами и т. д.).

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

**Таблица 6-2/Y.1731 – Примерные назначения уровня MEG для независимых уровней MEG**

<b>MEG в Рекомендациях G.8010/Y.1306</b>	<b>ME в Рекомендации Y.1730</b>	<b>Уровень (уровни) MEG</b>
UNI_C – UNI-C	UNI–UNI (пользователь)	7–1
UNI_N – UNI_N	UNI–UNI (провайдер)	7–1
Внутридоменный ME	Сегмент (PE–PE) внутри сети провайдера	7–1
Междоменный ME	Сегмент (PE–PE) между провайдерами (провайдер – провайдер)	0 (исходный)
ME линии доступа	ЕТУ линия ОАМ – UNI (пользователь – провайдер)	0 (исходный)
Междоменный ME	ЕТУ линия ОАМ – NNI (оператор – оператор)	0 (исходный)

Далее, если междоменные объекты обслуживания не требуются, каждый пользователь, провайдер и оператор может использовать все восемь уровней MEG. Как уже говорилось в п. 5.6, могут использоваться не все уровни MEG.

### **6.3 Конфигурация промежуточных и окончательных точек MEG**

Промежуточные и окончательные 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 ОАМ по устранению неисправностей**

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

В Дополнении I представлен обзор различных состояний неисправности, которые можно обнаружить, используя функции ОАМ.

## 7.1 Проверка целостности сети Ethernet (ETH-CC)

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

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

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

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

- МЕГ ID – Идентифицирует МЕГ, к которой принадлежит МЕР.
- МЕР ID – Собственный идентификатор МЕР внутри МЕГ.
- Список идентификаторов равноправных МЕР – Список равноправных МЕР внутри МЕГ. Для группы МЕГ из пункта в пункт с одним-единственным МЕР этот список будет состоять из одного идентификатора равноправной МЕР.
- Уровень МЕГ – Уровень МЕГ, на котором существует МЕР.
- Период передачи ETH-CC – Зависит от применения. ETH-CC имеет три различных применения (для каждого применения определен исходный период передачи):
  - Устранение неисправностей: Исходный период передачи = 1 с (т. е. скорость передачи = 1 кадр в секунду).
  - Контроль качества работы: Исходный период передачи = 100 мс (т. е. скорость передачи = 10 кадров в секунду).
  - Защитное переключение: Исходный период передачи = 3,33 мс (т. е. скорость передачи = 300 кадров в секунду).
- Приоритет – Идентифицирует приоритет кадра с информацией ETH-CC. По умолчанию, кадр с информацией ETH-CC передается с наивысшим приоритетом, доступным для трафика передачи данных. В остальных случаях может быть выбран другой приоритет.
- Потеря пригодности – Кадры с информацией ETH-CC всегда помечаются как непригодные для передачи информации трафика.

Промежуточная точка МЕГ прозрачна для информации ETH-CC, и, следовательно, для передачи ETH-CC не требуется никакой иной информации о конфигурации.

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

PDU ОАМ, используемый для передачи информации ETH-CC, является сигналом ССМ, описанным в п. 9.2. Кадры, в которых передается PDU ССМ, называются кадрами ССМ.

### 7.1.1 Передача сигнала контроля целостности (ССМ) (с информацией ЕТН-СС)

Когда функция ЕТН-СС подключена, МЕР периодически передает кадры ССМ 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 = 300 кадров в секунду).
- **10 мс:** (Скорость передачи = 100 кадров в секунду).
- **100 мс:** Исходный период передачи для применения контроля качества работы (скорость передачи = 10 кадров в секунду).
- **1 с:** Исходный период передачи для применения устранения неисправностей (скорость передачи = 1 кадр в секунду).
- **10 с:** (Скорость передачи = 6 кадров в минуту).
- **1 мин.:** (Скорость передачи = 1 кадр в минуту).
- **10 мин.:** (Скорость передачи = 6 кадров в час).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Несмотря на то, что для периода передачи определено 7 различных значений, рекомендуется использовать исходные значения, соответствующие сфере применения, в которой используется ЕТН-СС. Когда используется период передачи, отличный от исходного значения, корректная работа требуемого применения не гарантируется.

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

### 7.1.2 Прием ССМ (с информацией ЕТН-СС)

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

Кадры ССМ позволяют обнаружить различные неисправности, среди которых:

- Если в течение интервала времени, в 3,5 раз 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 MEG ниже уровня MEG принимающей МЕР, то обнаруживается неожиданный уровень MEG.
- Если принимается кадр ССМ с тем же уровнем MEG, но с MEG ID, отличным от собственного MEG ID принимающей МЕР, то обнаруживается ошибочное соединение.
- Если принимается кадр ССМ с тем же уровнем MEG, правильным MEG ID, но с ошибочным МЕР ID, включая собственный MEG ID принимающей МЕР, то обнаруживается неожиданная МЕР.
- Если принимается кадр ССМ с правильным уровнем MEG, правильным MEG ID, 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 МПР 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 ОАМ, которая используется для следующих применений:

- Для проверки двустороннего соединения МЕР с МПР 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 односторонней 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 МПР или равноправной МЕР получения одноадресного кадра с ответной информацией ETH-LB. Эта МПР или равноправная МЕР идентифицируется своим MAC адресом. Этот MAC адрес кодируется в поле "адрес получателя" (DA) одноадресного кадра запроса. Если в течение определенного промежутка времени МЕР не принимает одноадресного кадра с ответной информацией ETH-LB, то может быть сделан вывод о потере соединения с МПР или равноправной МЕР. Одноадресная ETH-LB может использоваться также для проверки двустороннего соединения с различными размерами кадров, передаваемых между МЕР и МПР 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 МЕР. Вместо этого МЕР конфигурируются так, чтобы передавать кадры с информацией ETH-LB, как описано в п. 7.6, на ближайшем клиентском уровне МЕР с любой стороны МЕР.

**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 МЕР для поддержки одноадресной ETH-LB, имеет следующий состав:

- Уровень МЕР – Уровень МЕР, на котором существует данная МЕР.
- Одноадресный MAC адрес удаленной МПР или МЕР, для которой предназначена ETH-LB.
- Данные – Дополнительный элемент, длина и содержание которого определяются на данной МЕР. Содержание может быть испытательной последовательностью и, дополнительно, проверочной суммой. Примерами испытательных последовательностей являются псевдослучайная бинарная последовательность (PRBS) ( $2^{31}-1$ ), определенная в 5.8/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 МЕР.
- 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 МІР или МЕР при приеме одноадресного кадра с запросом информации ETH-LB, который адресован этой МІР или МЕР, 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 МІР.

PDU OAM, используемым для запроса одноадресной информации LB, является сигнал LBM, как описано в п. 9.3. PDU OAM, используемым для ответа на запрос одноадресной информации LB, является сигнал LBR, как описано в п. 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 МЕР по запросу.

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

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

### 7.2.1.2 Одноадресный прием LBM и передача LBR

Всегда, когда на МІР или МЕР принимается правильный Одноадресный кадр LBM, формируется кадр LBR, и он передается на запрашивающую МЕР. Правильным Одноадресным кадром LBM считается Одноадресный кадр LBM с правильными уровнем MEG и MAC адресом пункта назначения, соответствующим MAC адресу приемной МІР или МЕР. 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.

Далее, когда приемная МЕР сконфигурирована для выполнения диагностических испытаний на отключенной сети, эта МЕР также создает кадры LCK, как описано в п. 7.6, на клиентском уровне MEG в направлении, противоположном тому направлению, где создаются LBM кадры.

### 7.2.1.3 Прием LBR

Если МЕР, 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 МЕР, 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 МЕР, может также проверить правильность принятого номера, сравнив его с ожидаемыми порядковыми номерами.

Если МІР принимает адресованный ей кадр LBR, такой кадр LBR является неправильным и эта МІР 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 МЕР с равноправными ей МЕР. Многоадресная ETH-LB – это выполняемая по запросу функция ОАМ. Когда на МЕР вызывается функция Многоадресной ETH-LB, эта МЕР возвращает инициатору Многоадресной ETH-LB перечень равноправных ей МЕР, с которыми обнаруживается двустороннее соединение.

Когда на МЕР вызывается функция ETH-LB, многоадресный кадр с запросом информации ETH-LB передается от МЕР на другие равноправные МЕР одной и той же МEG. Эта МЕР в течение определенного промежутка времени ожидает получения одноадресного кадра с ответной информацией ETH-LB от равноправных ей МЕР. После получения многоадресного кадра с запросом информации ETH-LB, принявшие его МЕР 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 МЕР для поддержки многоадресной ETH-LB, имеет следующий состав:

- Уровень МEG – Уровень МEG, на котором существует данная МЕР.
- Приоритет – Указывает приоритет многоадресных кадров с запросом данных ETH-LB.
- Потеря пригодности – Многоадресные кадры с запросом информации ETH-LB всегда помечаются как непригодные для отбрасывания.

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

PDU ОАМ, используемым для многоадресного запроса информации ETH-LB, является сигнал LBM, как описано в п. 9.3. PDU ОАМ, используемым для ответа ETH-LB, является сигнал LBR, как описано в п. 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 запрашивающую МЕР после случайной задержки от 0 до 1 секунды. Правильность Многоадресного кадра LBM определяется по уровню МEG.

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

- MAC адрес 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 адресом.
- 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 оконечной точке объекта обслуживания, то кадр LBR является неправильным и отбрасывается.

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

### 7.3 Трассировка линий Ethernet (ETH-LT)

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

- Определение соседних взаимосвязей – Функция ETH-LT может использоваться для определения взаимосвязи между данной МЕР и удаленными МЕР или МІР. Результатом работы функции ETH-LT является последовательность точек МІР от исходной МЕР до требуемой МІР или МЕР. Каждая МІР и/или МЕР определяется МАС 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. Точки МІР и МЕР, получавшие кадр с запросом информации ETH-LT, отвечают, передавая кадры, содержащие ответную информацию ETH-LT.

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 МАС 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
- МАС адрес получателя (TargetMAC) тот же, что и МАС адрес этой МІР или МЕР.

МІР может также ретранслировать кадр с запросом информации ETH-LT, как описано в п. 7.3.2.

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

- Уровень MEG – Уровень MEG, на котором существует данная МЕР.
- Приоритет – Идентифицирует приоритет кадров с запросом информации ETH-LT.
- Потеря пригодности – Кадры с информацией ETH-LT всегда помечаются как непригодные для отбрасывания.
- МАС адрес получателя (обычно, адрес точки МІР или МЕР группы объектов обслуживания, но не только), для которой предназначена ETH-LT.

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

- Уровень MEG – Уровень MEG, на котором существует данная МІР.

PDU, используемым для запроса информации ETH-LT, является сигнал LTM, как описано в п. 9.5. PDU, используемым для ответной информации ETH-LT, является сигнал LTR, как описано в п. 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 МІР или точку МЕР, должен знать МАС адрес получателя (TargetMAC) в принятом кадре LTM, и, для того чтобы МІР или МЕР могли ответить, он связывает его с одним-единственным выходным портом, то до передачи кадра LTM точка МЕР 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 МЕР по запросу. Если эта МЕР находится на выходном порту, то кадр LTM перенаправляется либо на один-единственный выходной порт (если он может быть связан с адресом TargetMAC в кадре LTM), либо на все выходные порты, связанные с этой МЕР, если с адресом TargetMAC не может быть связан один-единственный выходной порт. Однако если МЕР находится на выходном порту, то кадр LTM передается с этого выходного порта.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для случая когда выходные порты не содержат МIP на том же уровне МЕР, на котором находится кадр LTM, кадр LTM может быть перенаправлен на все выходные порты, связанные с этой МЕР, даже когда в элементе сети известен адрес TargetMAC.

После передачи кадра LTM с конкретным номером транзакции, точка МЕР 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 МЕР в течение минуты.

### 7.3.2 Прием, перенаправление LTM и передача LTR

Если на МЕР или МIP принимается кадр LTM, то выполняется следующая операция проверки правильности:

- Проверку проходят только LTM кадры с тем же самым уровнем МЕР, к которому относятся принимающие точки МЕР или МIP.
- Соответственно, проверяется значение поля TTL кадра LTM. Если значение поля TTL = 0, то кадр LTM отбрасывается. (Значение "0" поля TTL является неправильным значением.)

Если кадр LTM правилен, то принимающая точка МIP на входном порту выполняет следующее:

- Она 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 МIP (когда адрес TargetMAC – собственный MAC адрес этой МIP), то кадр LTR передается обратно на создавшую его МЕР после некоторого случайного интервала времени от 0 до 1 секунды.
- Далее, если вышеописанные состояния выполняются и адрес TargetMAC не является собственным адресом этой МIP, 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, а адресом источника становится Собственный MAC адрес этой МIP.
- В остальных случаях кадр LTM перенаправляется без изменений на все выходные порты, связанные с этой МЕР; кроме того, на котором он был получен.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для случая когда выходные порты не содержат МIP с тем же уровнем МЕР, к которому относится кадр LTM, кадр LTM может быть перенаправлен на все выходные порты, связанные с этой МЕР, даже, когда в элементе сети известен адрес TargetMAC.

Если кадр LTM правильный, то принимающая МIP на выходном порту делает следующее:

- Она 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 тем выходным портом, где располагается МIP, или кадр LTM завершается на МIP (когда адрес TargetMAC является собственным MAC адресом этой МIP), кадр LTR передается обратно на создавшую его МЕР после некоторого случайного интервала времени от 0 до 1 секунды.

- Далее, если вышеописанные состояния выполняются и адрес TargetMAC не является собственным адресом этой MIP, и значение поля TTL в кадре LTM больше 1, то кадр LTM изменяется и передается с выходного порта. Все поля ретранслируемого кадра LTM остаются такими же, как в исходном кадре LTM, за исключением поля TTL, значение которого уменьшается на 1, а адресом источника становится собственный MAC адрес этой MIP.
- Если элементу сети известен MAC адрес получателя (TargetMAC), указанный в кадре LTM, и он связывает его с другим выходным портом, то кадр LTM отбрасывается.
- В остальных случаях кадр LTM передается с выходного порта без изменений.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Элемент сети может перенаправить кадры данных, не узнавая MAC адресов, например, функция определения MAC адресов может быть отключена на элементе сети VLAN из пункта в пункт. Точки MIP, находящиеся на таких элементах сети, не должны передавать кадры LTR, поскольку в противном случае кадр LTM передается по нескольким направлениям с такими точками MIP в многопунктовых MEG, что MEP, создавшая кадр LTM, может получить несколько кадров LTR из различных ветвей многопунктовой MEG, делая таким образом непонятной информацию о ближайшем окружении.

Аналогично, если кадр LTM правильный, то принимающая точка MEP выполняет следующее:

- Она определяет адрес получателя для кадра LTR из MAC адреса источника (OriginMAC) в принятом кадре LTM.
- Если кадры данных, адрес пункта назначения у которых совпадает с адресом TargetMAC в кадре LTM, проходят через элемент сети и выходят с одного-единственного выходного порта или завершаются на данной MEP (когда адрес TargetMAC является собственным MAC адресом этой MEP), то кадр LTR передается обратно на создавшую его MEP после некоторого случайного интервала времени от 0 до 1 секунды.
- MEP никогда не ретранслирует кадры LTM.

### 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 Сигнал 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 МЕР отключит аварийные сигналы для всех равноправных МЕР, вне зависимости от того, поддерживается ли еще соединение или нет.

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

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

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

- Уровень MEG клиента – Уровень MEG, на котором существуют ближайшие точки МЕР и МЕР 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.

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 п. 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 = 1 секунда. 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 "Период".

#### 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 "Период" указывает период, с которым можно ожидать появление кадров AIS. После приема кадра AIS, МЕР обнаруживает состояния неисправности AIS. После обнаружения состояний неисправности AIS, если в течение интервала в 3.5 раз превышающего период передачи AIS не принято ни одного кадра AIS, 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 тачкам МЕР о состоянии неисправности. Функция ETH-RDI используется только, когда позволена передача ETH-СС.

У функции ETH-RDI есть два следующих применения:

- Одностороннее устранение неисправностей: Принимающая МЕР обнаруживает состояние неисправности RDI, которое скореллировано 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-СС.
- Приоритет – Идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-RDI. Приоритет такой же, как и приоритет ETH-СС.
- Потеря пригодности – Кадры с информацией ETH-RDI всегда помечаются как непригодные для отбрасывания.

Точка МЕР 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 п. 9.2.

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

МЕР после обнаружения состояний неисправности с равноправной ей МЕР устанавливает поле RDI в кадрах CCM на продолжительность состояний неисправности. Кадры CCM, как описано в п. 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 прерывании 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 п. 7.7.

Точка МЕР продолжает передавать периодические 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 МПР 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.

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

- Местный уровень MEG – Уровень MEG, на котором работает данная МЕР.

Точка МПР 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 п. 9.8. Кадры, в которых передается PDU LCK, называются кадрами LCK.

### 7.6.1 Передача LCK

Точка МЕР, когда она административно заблокирована, передает кадры LCK в направлении, противоположном направлению на равноправную(ые) ей точку(и) МЕР. Периодичность передачи кадров LCK зависит от периода передачи LCK. Период передачи LCK равен периоду передачи AIS. Первый кадр LCK должен всегда 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 МЕР (под)уровня сервера, связанной с обслуживанием /диагностикой. МЕР (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 МЕР проверяет его, чтобы убедиться в том, что его уровень MEG соответствует его сконфигурированному уровню MEG. Поле Период указывает периодичность, с которой можно ожидать кадры LCK. После приема кадра LCK точка МЕР обнаруживает состояние LCK. После обнаружения состояния LCK, если за время, в 3,5 раз превышающее период передачи LCK, не принято ни одного кадра LCK, МЕР 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 МЕР сконфигурирована для выполнения таких испытаний, она вводит в поток кадры с информацией ETH-Test, имеющие определенную пропускную способность, 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 п. 7.6, на ближайшем (под)уровне клиента.

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.
- Данные – Дополнительный элемент, длина и содержание которого определяются на данной МЕР. Содержание может быть испытательной последовательностью и, дополнительно, проверочной суммой. Примерами Испытательных последовательностей являются PRBS ( $2^{31}-1$ ), определенная в 5.8/O.150, последовательность "все нули" и т. д. На передающей 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.
- 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 МIP 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 п. 9.9. Кадры, в которых передаются TST PDU, 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 в том же направлении, куда передаются кадры TST.

## 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. Далее, когда принимающая МЕР сконфигурирована для выполнения испытаний на неработающей сети, она также генерирует кадры LCK на клиентском уровне MEG в том направлении, откуда принимаются кадры TST.

## 7.8 Автоматическое защитное переключение Ethernet (ETH-APS)

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

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

Применение механизмов ETH-APS определяется в Рекомендации МСЭ-Т G.8031/Y.1342.

## 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 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.
- Потеря пригодности – Кадры с информацией ETH-MCC всегда помечаются как непригодные для отбрасывания.

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

Точка МIP 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 п. 9.11. Кадры, в которых ведется передача протокольного блока данных MCC, называются кадрами MCC.

## 7.10 Экспериментальные функции OAM для Ethernet (ETH-EXP)

Функция ETH-EXP используется для экспериментальной работы OAM, которая может временно использоваться в пределах административного домена. Не предполагается взаимодействия экспериментальных функций OAM, принадлежащих к различным административным доменам.

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

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

### 7.11 Функции OAM, определяемые поставщиком (ETH-VSP)

Функция ETH-VSP используется функциями OAM, определяемыми поставщиком, которые могут быть реализованы поставщиком на всей линейке выпускаемого им оборудования. Не предполагается, что в оборудовании различных пользователей будет предусмотрена возможность взаимодействия функций OAM, определяемых поставщиком.

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

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

## 8 Функции OAM для контроля качества работы

Функции OAM для контроля качества работы позволяют измерить различные параметры качества. Параметры качества определяются для соединений Ethernet из пункта в пункт. Параметры качества и функции для OAM многопунктового соединения ETH требуют дальнейших исследований.

Настоящая Рекомендация описывает следующие параметры качества, основанные на MEF 10.

- **Коэффициент потери кадров**

Коэффициент потери кадров определяется как отношение, выраженное в процентах, количества не доставленных служебных кадров к общему количеству служебных кадров в течение интервала времени T, где число не доставленных служебных кадров – это разность между числом служебных кадров, прибывших ко входной точке потока ETH и числа служебных кадров, доставленных к выходной точке потока ETH по Ethernet соединению из пункта в пункт.

- **Задержка кадра**

Задержка кадра может быть определена как задержка сигнала при передаче в прямом и обратном направлениях для кадра, где Задержка кадра определяется как время, прошедшее с того момента, когда узел-источник начал передачу первого бита данного кадра, до момента приема тем же самым узлом-источником последнего бита кадра, вернувшегося по цепи обратной связи, когда цепь обратной связи образуется на узле – получателе кадра.

- **Изменение задержки кадра**

Изменение задержки кадра – это мера изменения величины задержки кадра для пары служебных кадров, где служебные кадры принадлежат одному и тому же объекту CoS Ethernet соединения из пункта в пункт.

Параметры качества можно применять к служебным кадрам. Служебные кадры – это те кадры, которые соответствуют качеству, согласованному для данного профиля ширины полосы. Служебные кадры принимаются на входной точке потока ETH Ethernet соединения из пункта в пункт и должны быть доставлены к выходной точке потока ETH. Определение согласованного для данного уровня профиля ширины полосы в настоящей Рекомендации не рассматривается.

Кроме того, определен еще один параметр качества в соответствии с RFC 2544:

- **Пропускная способность**

Пропускная способность определяется как максимальная скорость, при которой кадры не отбрасываются. Она обычно измеряется при выполнении Испытательных измерений.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Определение Готовности в настоящей Рекомендации не рассматривается. Однако определенные настоящей Рекомендацией механизмы могут использоваться для измерений, связанных с готовностью.

## 8.1 Измерение числа потерянных кадров (ETH-LM)

Функция ETH-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 ETH-LM выполняется при помощи передачи кадров с информацией ETH-LM на равноправную МЕР и, аналогично, при помощи приема кадров с информацией ETH-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 ETH-LM должна содействовать тому, чтобы на каждой МЕР выполнялись измерения числа потерянных кадров на ближнем и удаленном конце 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 Рекомендациях МСЭ-Т G.826 и G.7710/Y.1701.

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

- **TxFCl:** счетчик для кадров данных, передаваемых в направлении к равноправной МЕР.
- **RxFCl:** счетчик для кадров данных, принимаемых от равноправной МЕР.

Счетчики TxFCl и RxFCl не считают кадры ОАМ, передаваемые или принимаемые точкой МЕР на уровне MEG данной МЕР. Однако эти счетчики считают кадры ОАМ от более высоких уровней MEG, которые передаются через данные МЕР способом, аналогичным передаче кадров данных.

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

**ПРИМЕЧАНИЕ 1.** – 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 2.** – Подробное описание счетчиков передаваемых и принимаемых кадров в настоящей Рекомендации не рассматривается.

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

- Уровень MEG – Уровень MEG, на котором существует данная МЕР.
- Период передачи ETH-LM – Исходный период передачи = 100 мс (т. е. скорость передачи = 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 П.2.
- Приоритет – Идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-LM.
- Потеря пригодности – Кадры с информацией ETH-LM всегда помечаются как непригодные для отбрасывания.

Точка МР 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.
- Односторонняя ETH-LM.

### 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 п. 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**: Значение местного счетчика TxFcI на момент передачи кадра CCM.
- **RxFcB**: Значение местного счетчика RxFcI на момент приема последнего кадра CCM от равноправной MEP.
- **TxFcB**: Значение TxFcF в последнем кадре CCM, принятом от равноправной MEP.

Протокольный блок данных CCM передается со значением Период = 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<sub>c</sub>], RxFcB[t<sub>c</sub>], TxFcB[t<sub>c</sub>] и RxFcI[t<sub>c</sub>], где t<sub>c</sub> - 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<sub>p</sub>], RxFcB[t<sub>p</sub>], TxFcB[t<sub>p</sub>] и RxFcI[t<sub>p</sub>], где t<sub>p</sub> - время приема предыдущего кадра.

$$\text{Потеря кадров}_{\text{удаленный конец}} = |TxFcB[t_c] - TxFcB[t_p]| - |RxFcB[t_c] - RxFcB[t_p]|$$

$$\text{Потеря кадров}_{\text{ближайший конец}} = |TxFcF[t_c] - TxFcF[t_p]| - |RxFcI[t_c] - RxFcI[t_p]|$$

Если значение поля Период в принятом кадре CCM отличается от сконфигурированного для данной MEP периода передачи CCM, то эта MEP обнаруживает неожиданное состояние – ошибка Периода, в этом случае измерение числа потерянных кадров не выполняется.

### 8.1.2 Односторонняя ETH-LM

Односторонняя ETH-LM используется для выполнения функций OAM по запросу. 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 п. 9.12. PDU, используемым для передачи информации одностороннего ответа ETH-LM, является LMR, как описано в п. 9.13. Кадры, в которых передается PDU LMM, называются кадрами LMM. Кадры, в которых передается PDU LMR, называются кадрами LMR.

### 8.1.2.1 Передача LMM

Для выполнения измерения потерь по запросу точка МЕР 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 МЕР принимается правильный кадр LMM, формируется кадр LMR, который передается на запрашивающую МЕР. Кадр LMM с правильным уровнем MEG и MAC адресом пункта назначения, соответствующим MAC адресу принимающей МЕР, 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, МЕР 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<sub>c</sub>], RxFcF[t<sub>c</sub>], TxFcB[t<sub>c</sub>] и RxFcI[t<sub>c</sub>], где t<sub>c</sub> - 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<sub>p</sub>], RxFcF[t<sub>p</sub>], TxFcB[t<sub>p</sub>] и RxFcI[t<sub>p</sub>], где t<sub>p</sub> – время приема предыдущего ответного кадра.

$$\text{Потеря кадров}_{\text{удаленный конец}} = |TxFcF[t_c] - TxFcF[t_p]| - |RxFcF[t_c] - RxFcF[t_p]|$$

$$\text{Потеря кадров}_{\text{ближайший конец}} = |TxFcB[t_c] - TxFcB[t_p]| - |RxFcI[t_c] - RxFcI[t_p]|$$

## 8.2 Измерение времени задержки кадра (ETH-DM)

Функция ETH-DM может использоваться при выполнении функций OAM по запросу для измерения и изменения задержки кадра. Измерения и изменения задержки кадра выполняются на протяжении интервала диагностики при помощи периодической передачи кадров с информацией ETH-DM на равноправную МЕР и приема кадров с информацией ETH-DM от равноправной МЕР. Каждая точка МЕР способна выполнять измерения и изменения задержки кадра.

Когда МЕР способна генерировать кадры с информацией ETH-DM, она периодически передает кадры с информацией ETH-DM на равноправную ей МЕР в том же самом объекте обслуживания. Когда МЕР способна генерировать кадры с информацией ETH-DM, она также ожидает приема кадров с информацией ETH-DM от равноправной МЕР 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.
- Приоритет – Идентифицирует приоритет кадров с информацией ETH-DM.
- Потеря пригодности – Кадры с информацией ETH-DM всегда помечаются как непригодные для отбрасывания.

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.

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

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

- **TxTimeStampf**: Метка времени для момента передачи кадра ETH-DM.

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

$$\text{Задержка кадра} = \text{RxTimeef} - \text{TxFimeStampf}$$

Однако для измерения времени односторонней задержки кадра требуется, чтобы часы на передающей MEP и принимающей MEP были синхронизированы. Для измерения и изменения задержки кадра, которые основаны на разности между последовательными результатами измерений задержки кадра, требования к синхронизации часов 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 MEP передает кадр с информацией запроса ETH-DM с меткой времени TxTimeStampf, и принимающая MEP отвечает, передавая кадр с информацией ответа ETH-DM с меткой времени TxTimeStampf, скопированной из информации запроса ETH-DM. MEP, принимающая кадр с информацией ответа ETH-DM, сравнивает значение TxTimeStampf со значением RxTimeeb, которое является временем приема кадра с информацией ответа ETH-DM, и вычисляет двустороннюю задержку кадра следующим образом:

$$\text{Задержка кадра} = \text{RxTimeeb} - \text{TxFimeStampf}$$

MEP 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, MEP, 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:

- Односторонняя ETH-DM
- Двусторонняя ETH-DM

### 8.2.1 Односторонняя ETH-DM

В таком случае каждая точка MEP передает кадр с односторонней информацией ETH-DM на равноправную ей MEP в объекте обслуживания из пункта в пункт для упрощения измерения односторонней задержки кадра и/или одностороннего изменения задержки кадра на равноправной MEP.

**ПРИМЕЧАНИЕ.** – Если часы на двух этих MEP 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 односторонней ETH-DM, является 1DM, как описано в п. 9.14. Кадры, в которых передается PDU 1DM, называются кадрами 1DM.

#### 8.2.1.1 Передача 1DM

Когда MEP сконфигурирована для измерения времени односторонней задержки кадра, MEP периодически передает кадры 1DM со значением TxTimeStampf.

### 8.2.1.2 Прием 1DM

Когда МЕР сконфигурирована для измерения времени односторонней задержки кадра, МЕР после приема кадра 1DM использует следующие значения для выполнения измерения времени односторонней задержки кадра. Это значение служит входным сигналом для измерения времени односторонней задержки кадра:

- Значение метки времени TxTimeStampf в кадре 1DM.
  - Время RxTimeef, которое является временем приема кадра 1DM.
- Задержка кадра = RxTimeef – TxTimeStampf

### 8.2.2 Двусторонняя 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.

PDU, используемым для передачи информации запроса ETH-DM, является DMM, как описано в п. 9.15. PDU, используемым для передачи информации ответа ETH-DM, является DMR, как описано в п. 9.16. Кадры, в которых передается PDU DMM называются кадрами DMM. Кадры, в которых передается PDU DMR, называются кадрами DMR.

#### 8.2.2.1 Передача DMM

Когда МЕР сконфигурирована для измерения времени двусторонней задержки, МЕР периодически передает DMM кадры со значением TxTimeStampf.

#### 8.2.2.2 Прием DMM и передача DMR

Всегда, когда точкой МЕР принимается правильный кадр DMM, формируется и передается на запрашивающую МЕР кадр DMR. Кадр DMM с правильным уровнем MEG и MAC адресом пункта назначения, соответствующим MAC адресу принимающей МЕР, считается правильным кадром DMM. Каждое поле в кадре DMM копируется в кадр DMR, за исключением:

- MAC адреса источника и получателя поменялись местами.
- Значение поля OpCod изменено с DMM на DMR.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Дополнительно в кадре DMR могут использоваться две дополнительные метки времени для учета времени обработки на удаленной 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.
- RxTimeeb – время приема кадра DMR.

$$\text{Задержка кадра} = \text{RxTimeeb} - \text{TxTimeStampf}$$

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

$$\text{Задержка кадра} = (\text{RxTimeeb} - \text{TxTimeStampf}) - (\text{TxTimeStampb} - \text{RxTimeStampf})$$

### 8.3 Измерение пропускной способности

В документе 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.

## 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:

- **MEG Level (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.
- **Version (Версия):** Версия – это 5-битовое поле. Оно содержит целочисленное значение, которое идентифицирует версию протокола OAM. Для поддержания выполнения функций OAM, определенных в настоящей Рекомендации, версия всегда = 0.
- **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.
- **Flags (флаги):** Флаги – это 8-битовое поле. Использование битов этого поля зависит от типа PDU OAM.
- **TLV Offset (Сдвиг параметра "Тип, длина, значение"):** Сдвиг TLV – это 1-байтовое поле. Оно содержит сдвиг первого TLV в протокольном блоке данных OAM относительно поля Сдвиг TLV. Значение этого поля связано с типом PDU OAM. Когда Сдвиг TLV = 0, он указывает на первый байт, следующий после поля Сдвиг TLV.

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

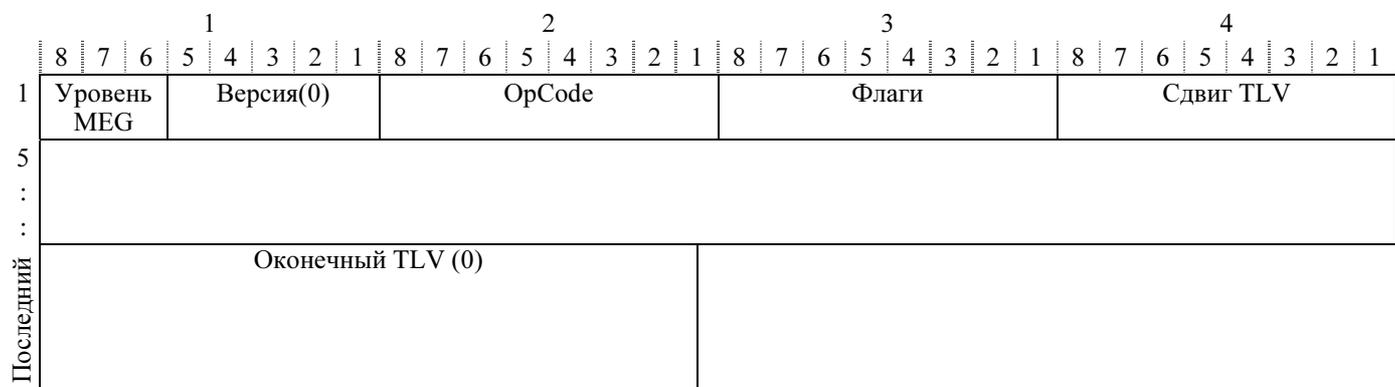
- **Приоритет:** Приоритет идентифицирует приоритет конкретного кадра OAM.
- **Потеря пригодности:** Потеря пригодности идентифицирует Потерю пригодности конкретного кадра OAM.

**Таблица 9-1/У.1731 – 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 OpCodes, присущие настоящей Рекомендации		
33	AIS	MEP
35	LCK	MEP
37	TST	MEP
39	APS	MEP
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
32, 34, 36, 38, 44, 52-63	Зарезервированы (Примечание 2)	
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Зарезервировано для определения стандартом IEEE 802.1.		
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Зарезервировано для будущей стандартизации МСЭ-Т.		

### 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/У.1731 – Общий формат протокольных блоков данных OAM**

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

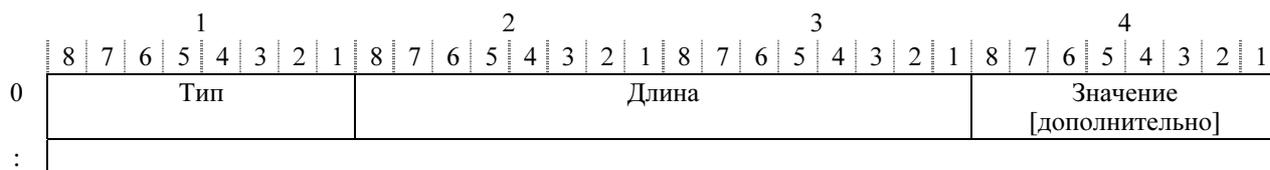


Рисунок 9.1-2/У.1731 – Общий формат TLV

ПРИМЕЧАНИЕ. – В окончном TLV поле Тип = 0, а поля Длина и Значение не используются.

Таблица 9-2/У.1731 – 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
2, 4, 7–31, 64–255	Зарезервировано (Примечание 1)
Типы, присущие настоящей Рекомендации	
32	TLV испытательного сигнала
33–63	Зарезервировано (Примечание 2)
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Зарезервировано для определения стандартом IEEE 802.1.	
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Зарезервировано для будущей стандартизации МСЭ-Т.	

## 9.2 Протокольный блок данных ССМ

ССМ используется для поддержания выполнения функции ETH-CC, как описано в п. 7.1, функции ETH-RDI, как описано в п. 7.5, и двусторонней функции ETH-LM, как описано в п. 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 Флаги. Период содержит значение периода передачи ССМ, определяемого на источнике ССМ. Значения поля Период ССМ определены в таблице 9-3.
- **MEG ID:** Идентификатор MEG – это 48-байтовое поле, которое содержит MEG ID группы объектов обслуживания, которой принадлежит точка MEP, передающая кадр ССМ.
- **MEP ID:** Идентификатор MEP – это 2-байтовое поле, в котором 13 младших битов используются для идентификации MEP, передающей кадр ССМ. MEP ID 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 Флаги. Когда бит RDI = 1, обнаружение неисправности указывается передающей точкой MEP. Когда бит RDI = 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 МЕР в направлении равноправно ей МЕР, на момент передачи кадра ССМ.
- **RxFCb:** RxFCb – это 4-байтовое поле, содержащее значение счетчика кадров данных, принятых точкой МЕР от равноправной ей МЕР, на момент приема последнего кадра ССМ от равноправной ей МЕР.
- **TxFCb:** TxFCb – это 4-байтовое поле, содержащее значение поля TxFCf в последнем кадре ССМ, принятом точкой МЕР от равноправной ей МЕР.

### 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.

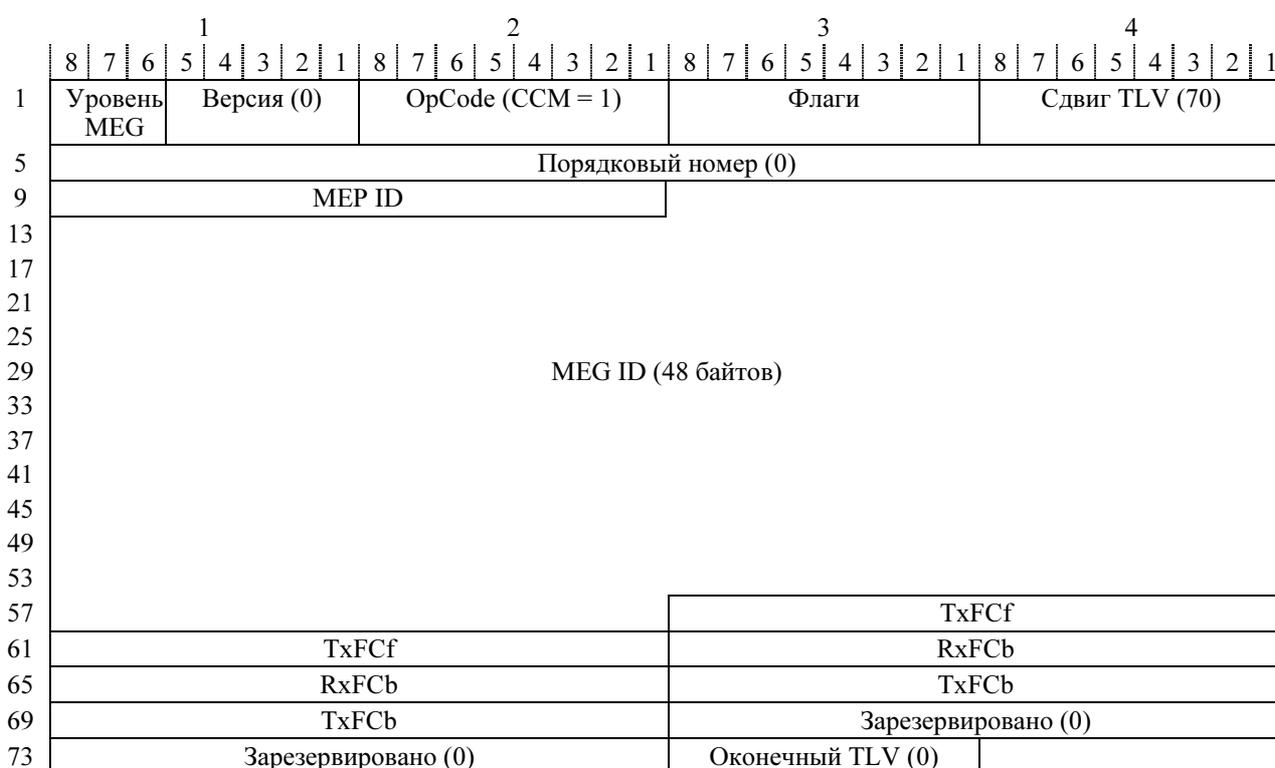


Рисунок 9.2-1/У.1731 – Формат протокольного блока данных ССМ

В формате протокольного блока данных ССМ имеются следующие поля:

- **Уровень МЕР:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = ССМ (1).
- **Флаги:** Для PDU ССМ два информационных элемента в поле Флаги: RDI и Период имеют следующий вид:

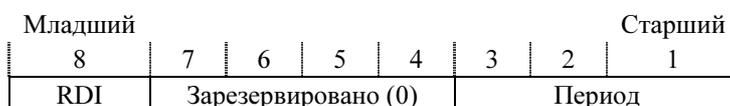


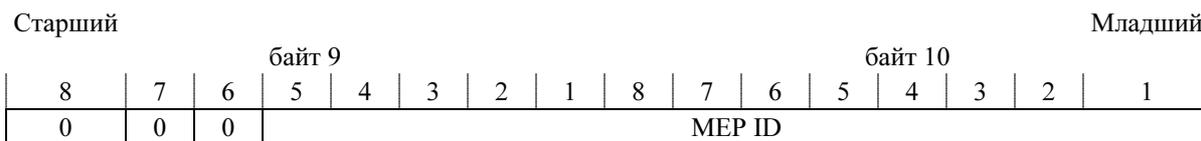
Рисунок 9.2-2/У.1731 – Формат поля Флаги в PDU ССМ

- **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/У.1731 – 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 кадр в час

- **Сдвиг TLV:** Установлен в 70.
- **Порядковый номер:** Для настоящей Рекомендации это поле установлено в значение Все-НУЛИ.
- **MEP ID:** 13-битовое целочисленное значение, идентифицирующее передающую MEP внутри данной MEG. Три старших бита первого байта не используются и установлены в НОЛЬ:



**Рисунок 9.2-3/У.1731 – Формат идентификатора MEP в протокольном блоке данных ССМ**

- **MEG ID:** 48-байтовое поле. Формат, используемый для поля MEG ID, описан в Приложении А.
- **TxFCf, TxFCb, RxFCb:** 4-байтовые целочисленные значения, содержащие результаты работы циклических счетчиков кадров, как определено в п. 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 п. 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 п. 9.4.
- **Данные/Набор битов испытательного сигнала:** Данные – это дополнительное поле, длина и содержание которого определяются на передающей MEP. Содержанием поля Данные 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 п. 5.8/О.150, сигналом "все нули" и т. д.

### 9.3.2 Формат протокольного блока данных LBM

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

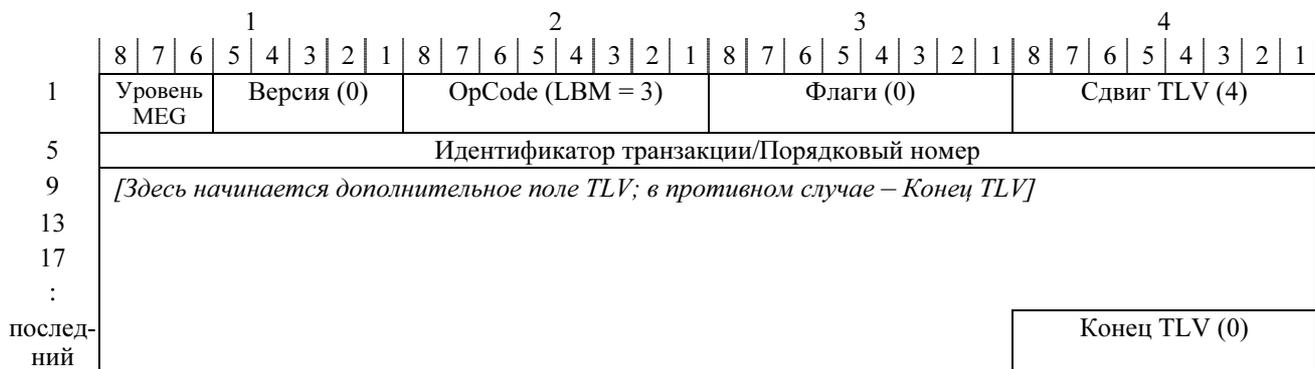


Рисунок 9.3-1/У.1731 – Формат PDU LBM

Поля формата PDU LBM имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = LBM (3).
- **Флаги:** Установлено в значение Все-НУЛИ.

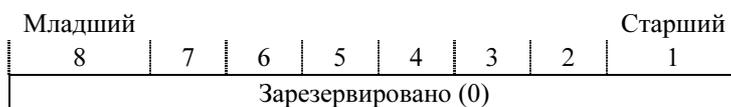


Рисунок 9.3-2/У.1731 – Формат поля Флаги в PDU LBM

- **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.
- **Оконечный TLV:** Байт со значением Все-НУЛИ.



Рисунок 9.3-3/У.1731 – Формат TLV Данных

Поля формата TLV Данных имеют следующий вид:

- **Тип:** Идентифицирует тип TLV; для данного типа TLV используется значение "Сигнал данных" (3).
- **Длина:** Идентифицирует размер в байтах поля Значение, содержащего биты данных. В кадре, где размер PDU ограничен величиной 1492 байтов, максимальное значение длины составляет 1480 (поскольку 12 байтов требуется для: 8-байтов заголовка PDU LBM, 3 байта 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.



**Рисунок 9.3-4/У.1731 – Формат TLV Испытательного сигнала**

Поля формата TLV Испытательного сигнала имеют следующий вид:

- **Тип:** Идентифицирует тип TLV; для данного типа TLV используется значение "Испытательный сигнал" (32).
- **Длина:** Идентифицирует размер в байтах поля Значение, содержащего биты Испытательного сигнала и CRC-32. В кадре, где размер PDU ограничен величиной 1492 байтов, максимальное значение длины составляет 1480 (поскольку 12 байтов требуется для: 8-байтов заголовка PDU LBM, 3 байта заголовка TLV Испытательного сигнала 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. (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 Тип до последнего байта перед CRC-32).

## 9.4 Протокольный блок данных (PDU) LBR

LBR используется для поддержания функции ответа ETH-LB, как описано в п. 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 Идентификатор транзакции/ Порядковый номер в LBM.
- **Данные** – это поле, которое скопировано из поля Данные в LBM.

## 9.4.2 Формат протокольного блока данных LBR

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

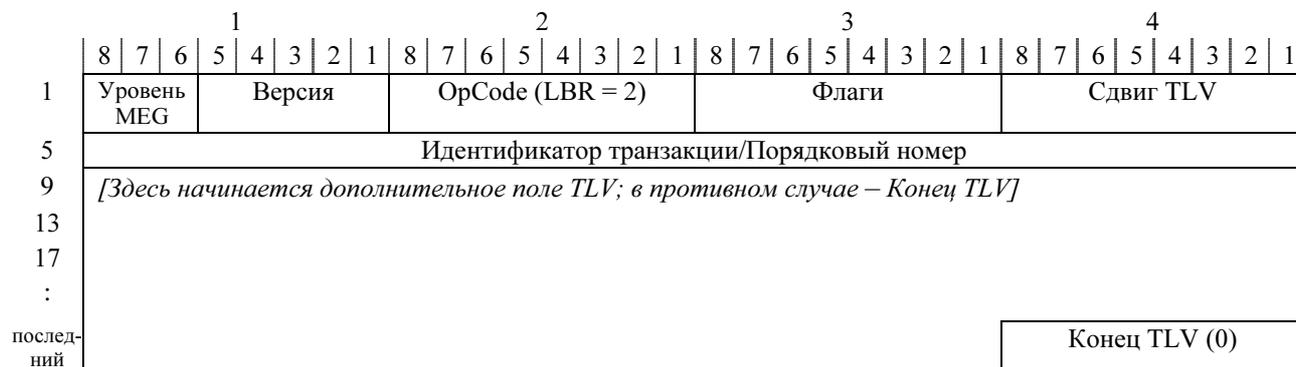


Рисунок 9.4-1/Y.1731 – Формат PDU LBR

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 п. 7.3.

### 9.5.1 Информационные элементы LTM

Информационные элементы, передаваемые в LTM, включают в себя:

- **Транзакция:** Номер транзакции – это 4-байтовое поле, которое содержит номер транзакции для LTM. Ожидается, что приемник копирует Номер транзакции из протокольного блока данных LTR, как описано в п. 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 п. 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 окончного 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 для передачи информации LTM, показан на рисунке 9.5-1.

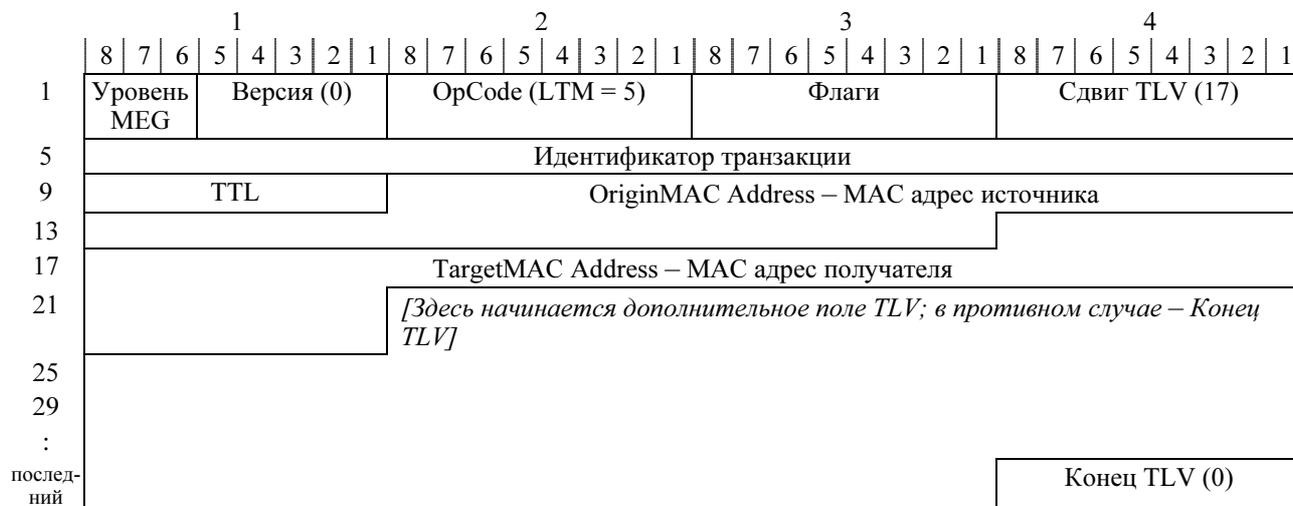


Рисунок 9.5-1/Y.1731 – Формат PDU LTM

Поля формата PDU LTM имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = LTM (5).
- **Флаги:** Формат соответствует тому, что показано на рисунке 9.5-2.

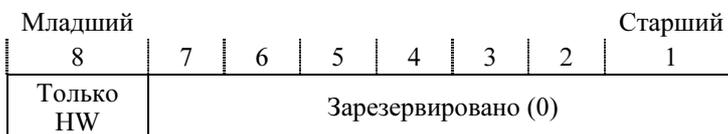


Рисунок 9.5-2/Y.1731 – Формат поля Флаги в PDU LTM

- **HWonly (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 HWonly 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 п. 9.5.1.
- **OriginMAC Address (MAC адрес источника):** 6-байтовое поле OriginMAC, как определено в п. 9.5.1.
- **TargetMAC Address (MAC адрес получателя):** 6-байтовое поле TargetMAC, как определено в п. 9.5.1.
- **Дополнительное поле TLV:** В PDU LTM не ожидается наличия ни одного дополнительного поля TLV.
- **Конец TLV:** 1-байтовое поле со значением Все-НУЛИ.

## 9.6 Протокольный блок данных (PDU) LTR

LTR используется для поддержания функции ответа ETH-LT, как описано в п. 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 Идентификатор 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 MEP или промежуточной точкой объекта обслуживания (MIP) для передачи информации LTR, показан на рисунке 9.6-1.

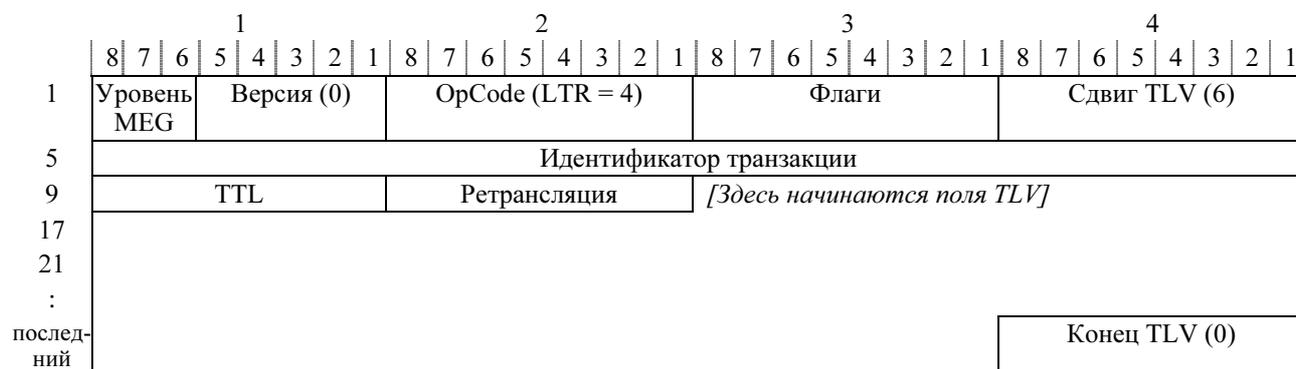


Рисунок 9.6-1/Y.1731 – Формат PDU LTR

Поля формата PDU LTR имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** 3-битовое поле, значение которого скопировано из принятого PDU LTM.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = LTR (4).
- **Флаги:** 1-байтовое поле, значение которого скопировано из PDU LTM.
- **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 зарезервировано для использования в стандарте IEEE 802.1.
- **Поля TLV:** Дополнительное поле Ответ на входящий TLV и/или Ответ на выходящий TLV, как определено на рисунках 9.6-2 и 9.6-3, соответственно.
- **Конец TLV:** 1-байтовое поле со значением Все-НУЛИ.



Рисунок 9.6-2/Y.1731 – Формат поля Ответ 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.



**Рисунок 9.6-3/У.1731 – Формат поля Ответ на исходящий TLV**

Поля формата Ответ на исходящий TLV 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 п. 7.4.

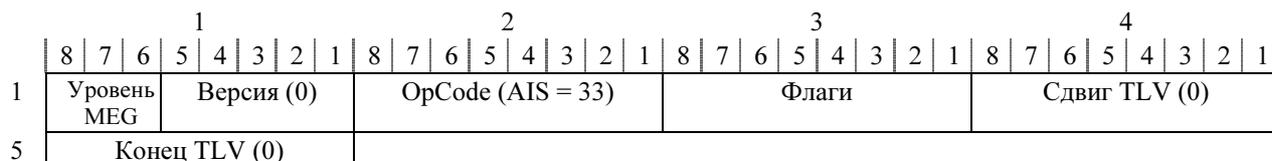
### 9.7.1 Информационные элементы AIS

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

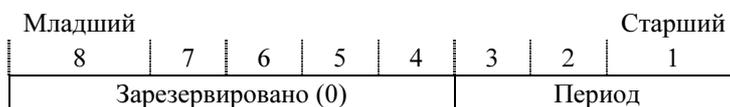
Формат PDU AIS, используемый точкой MEP для передачи информации AIS, показан на рисунке 9.7-1.



**Рисунок 9.7-1/У.1731 – 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. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = AIS (33).
- **Флаги:** Один информационный элемент в поле Флаги для PDU AIS: Период имеет следующий вид:



**Рисунок 9.7-2/У.1731 – Формат поля Флаги в PDU AIS**

- **Период:** Биты с 3 по 1 указывают период передачи, из кодировка показана в таблице 9-4.

**Таблица 9-4/У.1731 – 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 п. 7.6.

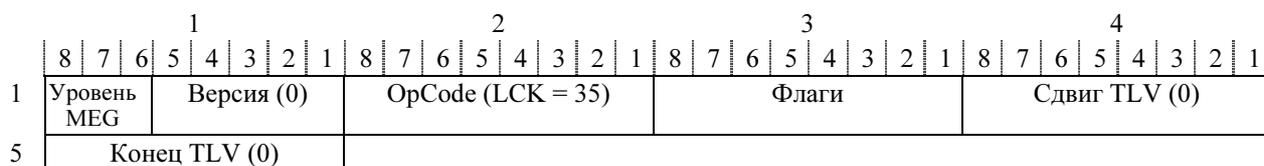
### 9.8.1 Информационные элементы LCK

Информационный элемент, передаваемый в LCK, таков:

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

### 9.8.2 Формат протокольного блока данных LCK

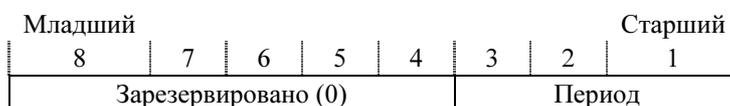
Формат PDU LCK, используемый точкой MEP для передачи информации LCK, показан на рисунке 9.8-1.



**Рисунок 9.8-1/У.1731 – Формат PDU LCK PDU**

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. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = LCK (35).
- **Флаги:** Один информационный элемент в поле Флаги для PDU LCK: Период имеет следующий вид:



**Рисунок 9.8-2/Y.1731 – Формат поля Флаги в PDU LCK**

- **Период:** Биты с 3 по 1 указывают период передачи, из 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 п. 7.7.

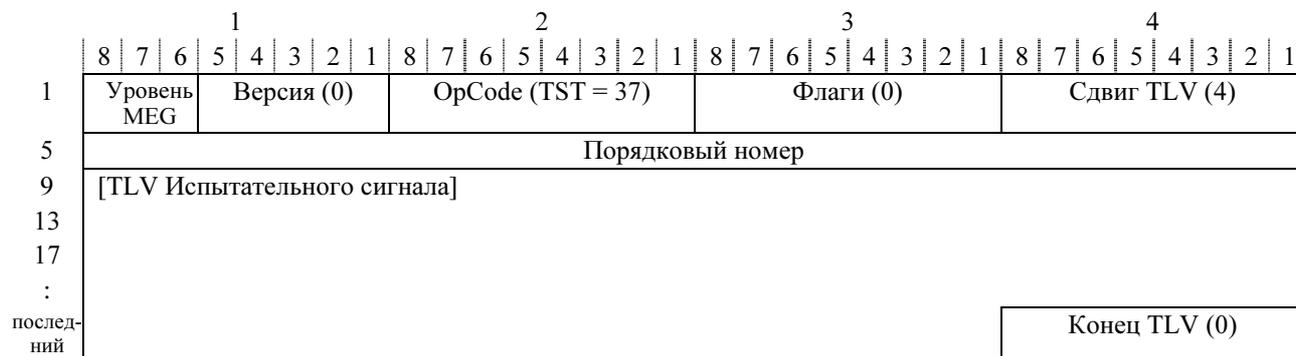
### 9.9.1 Информационные элементы TST

Информационные элементы, передаваемые в TST, имеют 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 MEP. Содержание поля Испытательный сигнал 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 п. 5.8/O.150, сигналом "все нули" и т. д.

### 9.9.2 Формат протокольного блока данных TST

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



**Рисунок 9.9-1/Y.1731 – Формат PDU TST**

Поля формата PDU TST имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = TST (37).
- **Флаги:** Установлено в значение Все-НУЛИ.

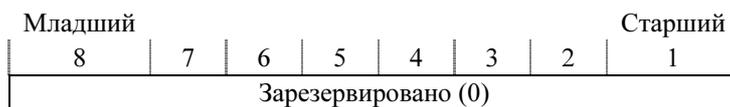


Рисунок 9.9-2/У.1731 – Формат поля Флаги в PDU TST

- **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 п. 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 точкой MEP для передачи информации APS, показан на рисунке 9.10-1.

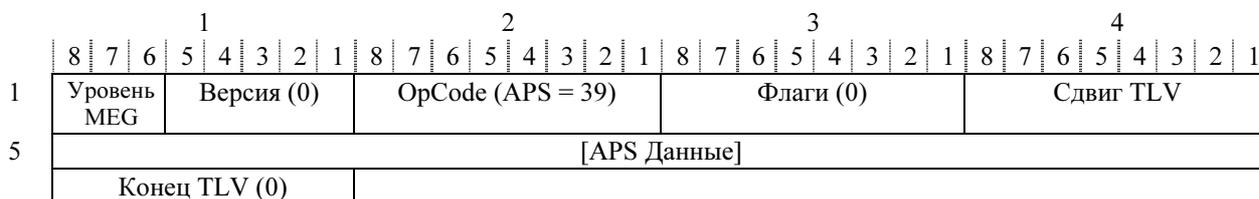


Рисунок 9.10-1/У.1731 – Формат PDU APS

Поля формата PDU APS имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = APS (39).
- **Флаги:** Установлено в значение Все-НУЛИ.

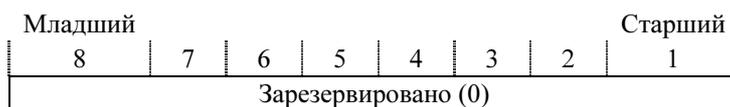


Рисунок 9.10-2/У.1731 – Формат поля Флаги в PDU APS

- **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 п. 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:** – 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, MCC может содержать одно или несколько полей TLV. Поле Данные 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.

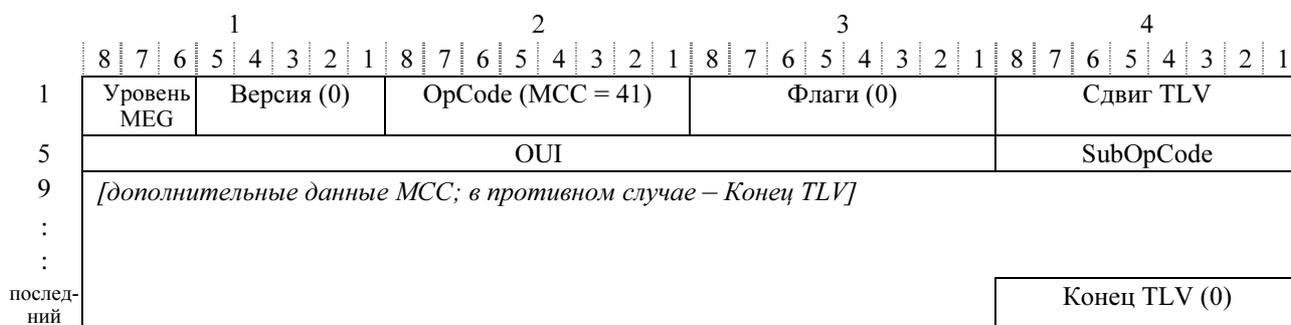


Рисунок 9.11-1/У.1731 – Формат PDU MCC

Поля формата PDU MCC имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = MCC (41).
- **Флаги:** Установлено в значение Все-НУЛИ.



Рисунок 9.11-2/У.1731 – Формат поля Флаги в PDU LTM

- **Сдвиг TLV:** 1-байтовое поле. Его конкретное значение для MCC в настоящей Рекомендации не рассматривается.
- **OUI:** 3-байтовое поле, значения которого в настоящей Рекомендации не рассматриваются.
- **SubOpCode:** 1-байтовое поле, значения которого в настоящей Рекомендации не рассматриваются.
- **Данные MCC:** Формат и длина 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, как описано в п. 8.1.2.

### 9.12.1 Информационные элементы LMM

Информационные элементы, передаваемые в LMM, включают в себя:

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

### 9.12.2 Формат PDU LMM

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



Рисунок 9.12-1/У.1731 – Формат PDU LMM

Поля формата PDU LMM имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = LMM (43).
- **Флаги:** Установлено в значение Все-НУЛИ.



Рисунок 9.12-2/У.1731 – Формат поля Флаги в PDU LMM

- **Сдвиг TLV:** Установлено в значение 12.
- **ТхFCf:** 4-байтовые целочисленные значения, содержащие результаты работы счетчиков кадров, как определено в п. 9.12.1.
- **Зарезервировано:** Зарезервированные поля устанавливаются в значение Все-НУЛИ.
- **Конец TLV:** 1-байтовое поле со значением Все-НУЛИ.

## 9.13 Протокольный блок данных (PDU) LMR

PDU LMR используется для поддержания одностороннего ответа ETH-LM, как описано в п. 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 MEG от равноправной ей MEG.
- **TxFcB:** TxFcB – это 4-байтовое поле, которое содержит значение счетчика, кадров данных, переданных точкой MEG в направлении на равноправную ей MEG, на момент передачи кадра LMR
- **RxFcF:** RxFcF – это 4-байтовое поле, которое содержит значение счетчика, кадров данных, принятых точкой MEG от равноправной ей MEG, на момент получения последнего кадра LMM от этой MEG.

### 9.13.2 Формат PDU LMR

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

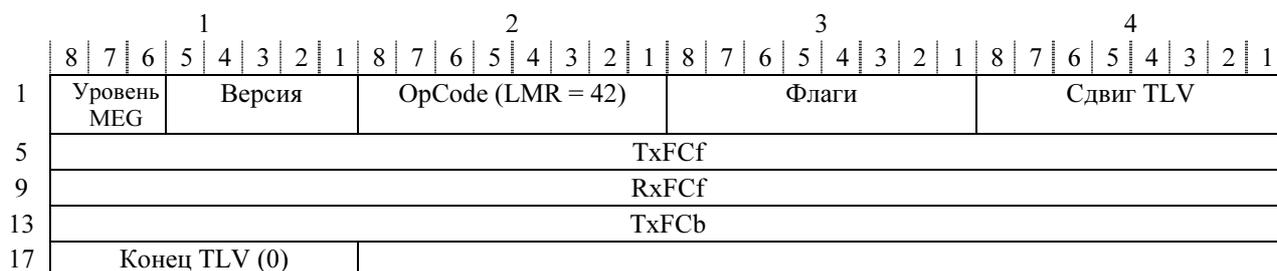


Рисунок 9.13-1/Y.1731 – Формат PDU LMR

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 п. 9.13.1.
- **TxFcB:** 4-байтовые целочисленные значения, содержащие результаты счетчиков кадров, как определено в п. 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 одностороннего ETH-DM, как описано в п. 8.2.1.

#### 9.14.1 Информационный элемент 1DM

Информационный элемент, передаваемый в 1DM, таков:

- **TxTimeStampf:** TxTimeStampf – это 8-байтовое поле, которое содержит метку времени передачи 1DM. Формат метки времени TxTimeStampf аналогичен формату поля TimeRepresentation в стандарте IEEE 1588-2002.

### 9.14.2 Формат PDU 1DM

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



Рисунок 9.14-1/У.1731 – Формат PDU 1DM

Поля формата PDU 1DM имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = 1DM (45).
- **Флаги:** Установлено в значение Все-НУЛИ.



Рисунок 9.14-2/У.1731 – Формат поля Флаги в PDU 1DM

- **Сдвиг TLV:** Установлено в значение 16.
- **TxTimeStampf:** 8-байтовое поле метки времени передачи, как описано в п. 9.14.1.
- **Зарезервировано:** Зарезервированные поля устанавливаются в значение Все-НУЛИ.
- **Конеч TLV:** 1-байтовое поле со значением Все-НУЛИ.

### 9.15 Протокольный блок данных (PDU) DMM

DMM используется для поддержания двустороннего запроса ETH-DM, как описано в п. 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 1588-2002.

## 9.15.2 Формат PDU DMM

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

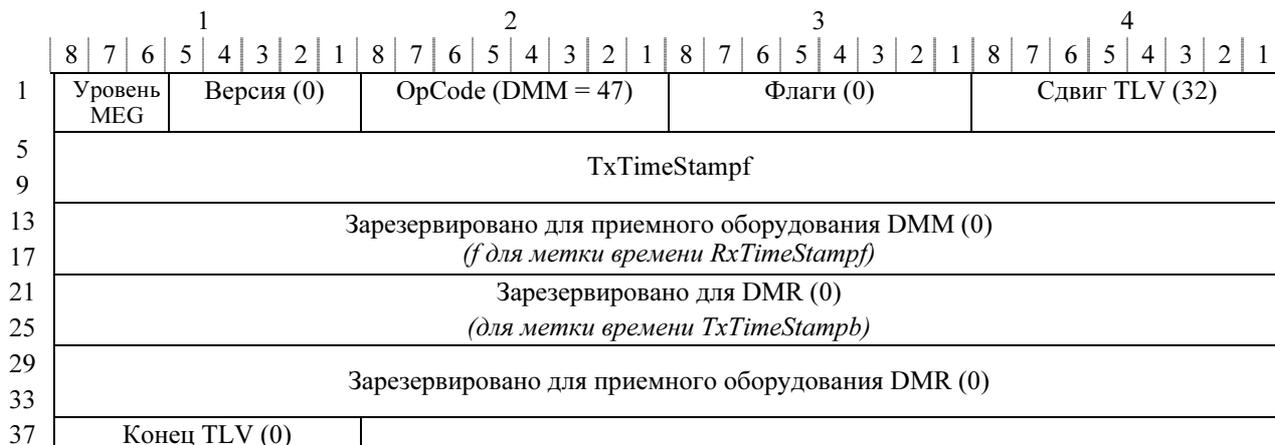


Рисунок 9.15-1/Y.1731 – Формат PDU DMM

Поля формата PDU DMM имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = DMM (47).
- **Флаги:** Установлено в значение Все-НУЛИ.

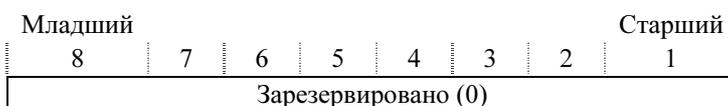


Рисунок 9.15-2/Y.1731 – Формат поля Флаги в PDU DMM

- **Сдвиг TLV:** Установлено в значение 32.
- **TxTimeStampf:** 8-байтовое поле метки времени передачи, как описано в п. 9.15.1.
- **Зарезервировано:** Зарезервированные поля устанавливаются в значение Все-НУЛИ.
- **Конец TLV:** 1-байтовое поле со значением Все-НУЛИ.

## 9.16 Протокольный блок данных (PDU) DMR

DMR используется для поддержания двустороннего ответа ETH-DM, как описано в п. 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 1588-2002. Когда эта метка не используется, используется значение Все-НУЛИ.
- **TxTimeStampb:** TxTimeStampb – это дополнительное 8-байтовое поле, которое содержит метку времени передачи DMR. Формат метки времени TxTimeStampf аналогичен формату поля TimeRepresentation в стандарте IEEE 1588-2002. Когда эта метка не используется, используется значение Все-НУЛИ.

## 9.16.2 Формат PDU DMR

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

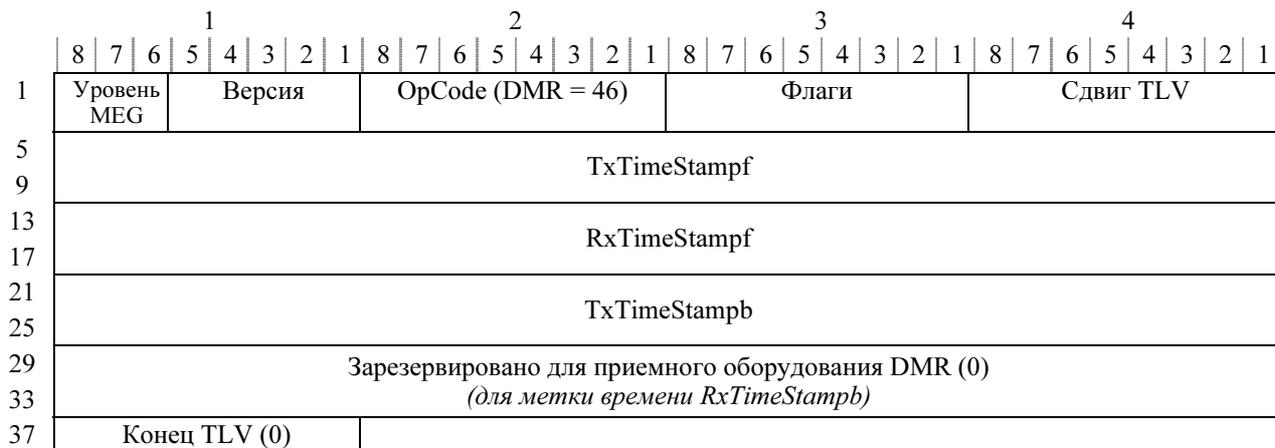


Рисунок 9.16-1/У.1731 – Формат PDU DMR

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 последнего принятого PDU DMM.
- **RxTimeStampf:** 8-байтовое поле метки времени передачи, как описано в п. 9.16.1.
- **TxTimeStamph:** 8-байтовое поле метки времени передачи, как описано в п. 9.16.1.
- **Зарезервировано:** Зарезервированные поля устанавливаются в значение Все-НУЛИ.
- **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 1-байтовое поле, 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 Данные EXM в настоящей Рекомендации не рассматривается.

## 9.17.2 Формат PDU EXM

PDU EXM, используемый точкой MEP для передачи информации EXM, показан на рисунке 9.17-1.

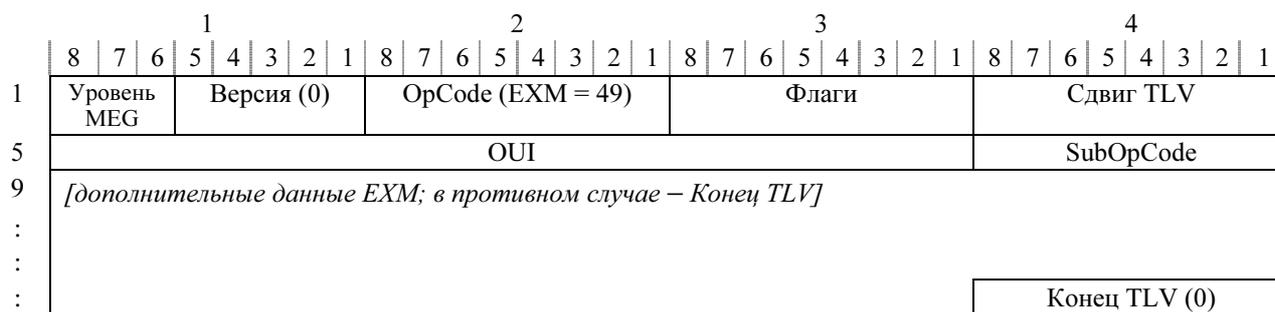


Рисунок 9.17-1/У.1731 – Формат PDU EXM

Поля формата PDU EXM имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = EXM (49).
- **Флаги:** В настоящей Рекомендации не рассматривается.
- **Сдвиг TLV:** 1-байтовое поле. Его конкретное значение для EXM в настоящей Рекомендации не рассматривается, но должно соответствовать требованиям п. 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 EXM:** Формат и длина этого поля в настоящей Рекомендации не рассматриваются.
- **Конец TLV:** 1-байтовое поле со значением Все-НУЛИ.

## 9.18 Протокольный блок данных (PDU) EXR

EXR используется как PDU ответа на запрос экспериментальных функций OAM.

### 9.18.1 Информационные элементы EXR

Информационные элементы, передаваемые в EXR, включают в себя:

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

## 9.18.2 Формат PDU EXR

PDU EXR, используемый точкой MEP для передачи информации EXR, показан на рисунке 9.18-1.

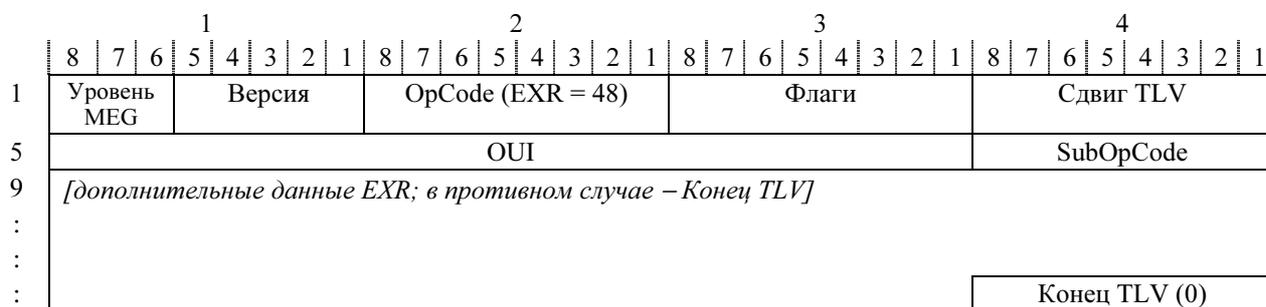


Рисунок 9.18-1/У.1731 – Формат PDU EXR

Поля формата PDU EXR имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** 3-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU EXM.
- **Версия:** 5-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU EXM.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = EXR (48).
- **Флаги:** В настоящей Рекомендации не рассматривается.
- **Сдвиг TLV:** 1-байтовое поле. Его конкретное значение для EXR в настоящей Рекомендации не рассматривается, но должно соответствовать требованиям п. 9.1.
- **OUI:** 3-байтовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU EXM.
- **SubOpCode:** 1-байтовое поле, значения которого в настоящей Рекомендации не рассматриваются.
- **Данные EXR:** Формат и длина этого поля в настоящей Рекомендации не рассматриваются.
- **Конец TLV:** 1-байтовое поле со значением Все-НУЛИ.

## 9.19 Протокольный блок данных (PDU) VSM

VSM используется как PDU запроса функций OAM, определяемых поставщиком.

### 9.19.1 Формат PDU VSM

Информационные элементы, передаваемые в VSM, включают в себя:

- **OUI:** OUI – это 3-байтовое поле, которое содержит Организационно уникальный идентификатор организации, использующей этот VSM.
- **SubOpCode:** SubOpCode – это 1-байтовое поле, которое используется для понимания оставшихся полей в кадре VSM.
- **Данные VSM:** В зависимости от задач, определенных полем OUI, и организационно уникального кода SubOpCode, VSM может содержать одно или несколько полей TLV. Поле Данные VSM 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.

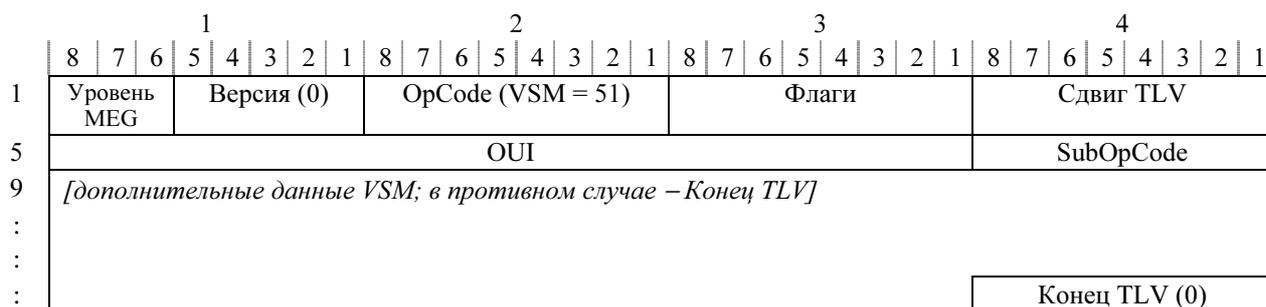


Рисунок 9.19-1/У.1731 – Формат PDU VSM

Поля формата PDU VSM имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** См. п. 9.1.
- **Версия:** См. п. 9.1, значение всегда = 0.
- **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 должно соответствовать требованиям п. 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 Данные VSR в настоящей Рекомендации не рассматривается.

## 9.20.2 Формат PDU VSR

PDU VSR, используемый точкой MEP для передачи информации VSR, показан на рисунке 9.20-1.

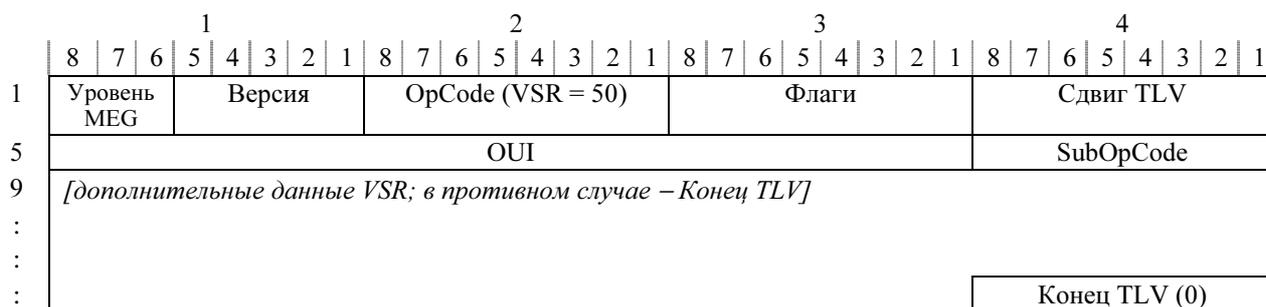


Рисунок 9.20-1/У.1731 – Формат PDU VSR

Поля формата PDU VSR имеют следующий вид:

- **Уровень MEG:** 3-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU VSM.
- **Версия:** 5-битовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU VSM.
- **OpCode:** Для данного типа PDU значение = VSR (50).
- **Флаги:** В настоящей Рекомендации не рассматривается.
- **Сдвиг TLV:** 1-байтовое поле. Его конкретное значение для VSR в настоящей Рекомендации не рассматривается, но должно соответствовать требованиям п. 9.1.
- **OUI:** 3-байтовое поле, значение которого скопировано из последнего принятого PDU VSM.
- **SubOpCode:** 1-байтовое поле, значения которого в настоящей Рекомендации не рассматриваются.
- **Данные VSR:** Формат и длина этого поля в настоящей Рекомендации не рассматриваются.
- **Конец TLV:** 1-байтовое поле со значением Все-НУЛИ.

## 10 Кадровые адреса OAM

Кадры OAM идентифицируются уникальным полем EtherType, значение которого в настоящей Рекомендации не рассматривается. Обработка и фильтрация кадров OAM на MEP зависит от полей OAM EtherType и Уровень 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.

## 10.1 Адреса абонентов многоадресной доставки

В зависимости от конкретной функции ОАМ, требуется два типа многоадресных адресов:

- Многоадресный DA Класса 1: Кадры ОАМ адресованы всем окончечным точкам МЕР в группе МЕГ (например, ССМ, Многоадресный LBM, AIS и т. д.).
- Многоадресный DA Класса 2: Кадры ОАМ адресованы всем промежуточным точкам МIP и окончечным МЕР, связанным с группой МЕГ (например, LTM).

Обычно достаточно одного Многоадресного DA Класса 1 и одного Многоадресного DA Класса 2. Однако для кратковременного применения функций ОАМ Ethernet на существующем оборудовании Ethernet многоадресной DA может неявно передавать поле Уровень МЕГ. Для этого потребуется 8 различных адресов для каждого Многоадресного DA Классов 1 и 2 для 8 различных уровней МЕГ.

Конкретные значения 8 Многоадресных адресов для Класса 1 и 8 Многоадресных адресов для Класса 2 в настоящей Рекомендации не рассматриваются.

## 10.2 ССМ

Кадры ССМ могут создаваться с определенными значениями Многоадресных DA Класса 1 или Одноадресных DA.

Когда используется Многоадресный DA, кадры ССМ дают возможность определению MAC адресов, связанных с окончечными точками объектов обслуживания. Использование Многоадресного DA также позволяет обнаружить ошибочные соединения между фрагментами домена потока. Обнаружение ошибочных соединений описывается в п. 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 адреса получателя, то в кадрах рекомендуется использовать Одноадресные DA.

## 10.3 LBM

Кадры LBM могут создаваться с Одноадресными или Многоадресными адресами получателя, как в функциях Одноадресной ETH-LB или Многоадресной ETH-LB, соответственно.

## 10.4 LBR

Кадры LBR всегда создаются с Одноадресными адресами получателя.

## 10.5 LTM

Кадр LTM создается 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

Кадр AIS может быть создан с Многоадресным DA Класса 1, особенно в многопунктовой МЕГ.

Одноадресный DA может применяться в определенных условиях для соединений из пункта в пункт. Однако требуется, чтобы Одноадресный DA нижележащей точки МЕР был сконфигурирован на МЕР, передающей AIS.

## **10.8 LCK**

Кадр LCK может быть создан с Многоадресным DA Класса 1, особенно в многопунктовой MEG.

Одноадресный DA может применяться в определенных условиях для соединений из пункта в пункт. Однако требуется, чтобы Одноадресный DA нижележащей точки MEP был сконфигурирован на MEP, передающей LCK.

## **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**

Кадры APS могут создаваться с определенным Многоадресным DA Класса 1 или с Одноадресным DA.

## **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.

**Таблица 10-1/У.1731 – Адрес получателя кадра ОАМ**

<b>Тип кадра ОАМ</b>	<b>Адреса получателя для кадров с PDU ОАМ</b>
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
APS	Многоадресный DA Класса 1 или Одноадресный DA
MCC	Одноадресный DA или Многоадресный DA Класса 1
LMM	Одноадресный DA или Многоадресный DA Класса 1
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 рассматривается

## Приложение А

### Формат ID для MEG

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

- Каждый MEG ID должен быть уникальным в глобальном масштабе.
- Если можно ожидать, что данная MEG будет использоваться на маршруте, установленном через границу между сетями различных операторов, MEG ID должен быть доступен для операторов других сетей.
- MEG ID не должен меняться во время существования данной MEG.
- MEG ID должен иметь возможность идентификации оператора сети, который ответственен за данную MEG.

Общий формат для идентификаторов MEG (MEG ID), используемых в настоящей Рекомендации, показан на рисунке А.1.



Рисунок А.1/У.1731 – Общий формат для идентификаторов для MEG

Тип формата ID для MEG определяется полем Формат MEG ID. Конкретные значения типов формата ID для MEG определены в таблице А.1.

Таблица А.1/У.1731 – Тип формата ID для MEG

Значение типа формата ID для MEG	Название TLV
00–31, 64–255	Зарезервировано (Примечание 1)
Типы, используемые в настоящей Рекомендации	
32	Формат на основе ICC
33–63	Зарезервировано (Примечание 2)
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Зарезервировано для определения в стандарте IEEE 802.1.	
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Зарезервировано для будущей стандартизации МСЭ-Т.	

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 Рекомендацией МСЭ-Т М.1400.

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

**Рисунок А.2/У.1731 – Формат ID для MEG с использованием ICC**

Значение MEG ID, определенное на рисунке А.2, состоит из 13 символов, закодированных в соответствии с Рекомендаций МСЭ-Т Т.50 (Международный справочный алфавит – Набор символов с 7-битовой кодировкой для обмена информацией).

Он состоит из двух суб-полей: код оператора МСЭ (ICC), за которым следует уникальный код MEG ID (UMC).

Код оператора МСЭ состоит из символов 1-6, выровненных по левому краю, алфавитных или с первыми символами алфавитными и последними цифровыми. Код UMC следует сразу же за ICC и должен состоять из символов 7–12 с цепочками НУЛЕЙ, завершающими 13-символьное Значение MEG ID. Код UMC должен определяться организацией, которой назначен ICC, при условии, что гарантируется его уникальность.

## Дополнение I

### Состояния неисправности

В настоящем Дополнении приводится только обзор состояний неисправности. Соответствующие неисправности и их подробное описание будут определены в Добавлении 1 к Рекомендации МСЭ-T G.8021/Y.1341.

#### I.1 Состояние потери соединения (LOC)

MEP обнаруживает потерю соединения (LOC) с равноправной ей MEP, когда она перестает принимать от этой MEP кадры ССМ. Такое состояние неисправности может быть обусловлено отказами оборудования (например, отказом линии связи, поломка устройства и т. д.) или отказами программного обеспечения (например, повреждение памяти, ошибкой в конфигурации и т. д.).

Таблица I.1-1/Y.1731 – Критерии входа/выхода в состояние потери соединения (LOC)

LOC(i)	
Критерии входа	MEP не принимает кадры ССМ от равноправной MEP (MEP ID = i) в течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи ССМ.
Критерии выхода	В течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи ССМ, MEP принимает $n$ кадров ССМ от этой равноправной MEP (MEP ID = i), где $3 \leq n$ .

#### I.2 Состояние ошибочного объединения

MEP обнаруживает Ошибочное объединение, когда она получает кадр ССМ с правильным уровнем MEG (т. е. Уровень MEG – тот же, что и собственный уровень MEG этой MEP), но с неправильным MEG ID (указывающим, что кадры от объекта другой услуги объединились с объектом услуги, описываемым собственным MEG ID этой MEP). Такое состояние неисправности, наиболее вероятно, обусловлено ошибкой в конфигурации, но может быть вызвано также отказом оборудования/программного обеспечения в сети.

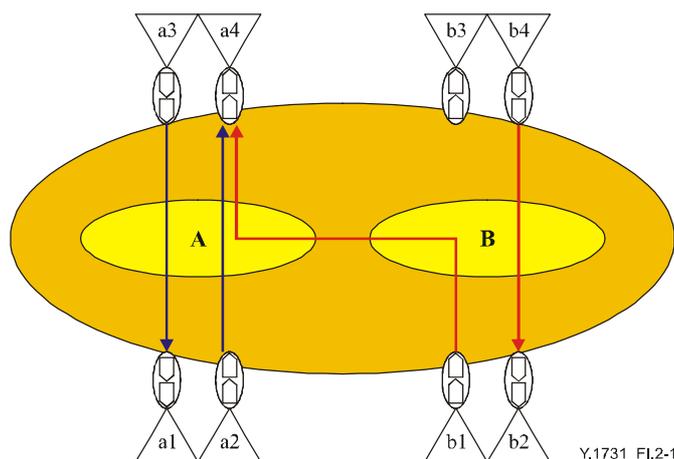


Рисунок I.2–1/Y.1731 – Состояние ошибочного объединения

**Таблица I.2-1/У.1731 – Критерии входа/выхода в состояние ошибочного объединения**

<b>Ошибочное объединение</b>	
Критерии входа	МЕР принимает кадр ССМ с правильным Уровнем MEG, но с ошибочным MEG ID.
Критерии выхода	В течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи ССМ, МЕР не принимает кадры ССМ с ошибочным MEG ID.

Когда на некоторой МЕР обнаружение ошибочного объединения сопровождается обнаружением LOC, это указывает на состояние несогласованности, при котором правильная МЕР может быть перепутана с неправильной МЕР (принадлежащей другой MEG) в понятиях соединений в сети.

Ограничения, присущие обнаружению ошибочного объединения, описаны в Дополнении V.

### **I.3 Состояние "Неожиданная МЕР" (UnexpectedMER)**

МЕР обнаруживает состояние UnexpectedMER, когда она получает кадр ССМ с правильным уровнем MEG (т. е. Уровень MEG – тот же, что и собственный уровень MEG этой МЕР), с правильным MEG ID, но с неожиданным идентификатором МЕР (MER ID), который включает в себя собственный ID данной МЕР. Определение неожиданного MER ID возможно, когда МЕР сохраняет список идентификаторов равноправных ей МЕР. Список идентификаторов равноправных МЕР должен быть предусмотрен на каждой точке МЕР во время создания сети. Это состояние неисправности, наиболее вероятно, обусловлено ошибкой в конфигурации.

**Таблица I.3-1/У.1731 – Критерии входа/выхода в состояние UnexpectedMER**

<b>UnexpectedMER</b>	
Критерии входа	МЕР принимает кадр ССМ с правильным Уровнем MEG, правильным MEG ID, но с неожиданным значением MER ID.
Критерии выхода	В течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи ССМ, МЕР не принимает кадры ССМ с неожиданным значением MER ID.

### **I.4 Состояние "Неожиданный уровень" (UnexpectedMEGLevel)**

МЕР обнаруживает состояние UnexpectedMEGLevel, когда она получает кадр ССМ с неправильным уровнем MEG. Неправильный Уровень MEG меньше, чем собственный уровень MEG этой МЕР. Такое состояние неисправности, наиболее вероятно, обусловлено ошибкой в конфигурации, например, неправильной конфигурацией Уровня MEG, отсутствием точек МЕР и т. д.

**Таблица I.4-1/У.1731 – Критерии входа/выхода в состояние UnexpectedMEGLevel**

<b>UnexpectedMEGLevel</b>	
Критерии входа	МЕР принимает кадр ССМ с неправильным Уровнем MEG
Критерии выхода	В течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи ССМ, МЕР не принимает кадры ССМ с неправильным Уровнем MEG

### **I.5 Состояние "Неожиданный период" (UnexpectedPeriod)**

МЕР обнаруживает состояние UnexpectedPeriod, когда она получает кадр ССМ с правильным уровнем MEG (т. е. Уровень MEG – тот же, что и собственный уровень MEG этой МЕР), с правильным MEG ID, правильным MER ID, но со значением поля Период, отличным от собственного периода передачи ССМ данной МЕР. Такая неисправность, наиболее вероятно, обусловлена ошибкой в конфигурации.

**Таблица I.5-1/Y.1731 – Критерии входа/выхода в состояние UnexpectedPeriod**

UnexpectedPeriod	
Критерии входа	MEP принимает кадр ССМ с правильным Уровнем MEG, правильным MEG ID, правильным MEP ID, но со значением поля Период, отличным от собственного периода передачи ССМ данной MEP.
Критерии выхода	В течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи ССМ, MEP не принимает кадры ССМ неправильным значением поля Период.

### **I.6 Состояние пропадание сигнала (SignalFail)**

MEP сообщает о состоянии пропадания сигнала при обнаружении таких состояний неисправности, как потеря соединения, ошибочное объединение, неожиданная MEP, неожиданный уровень MEG и т. д.

О состоянии пропадание сигнала также может быть объявлено функцией завершения уровня сервера, для того чтобы проинформировать функцию адаптации Server/ETH, например, MEP сервера, о состоянии неисправности на уровне сервера.

### **I.7 Состояние AIS**

MEP обнаруживает AIS, когда она получает кадр AIS. Такая неисправность обусловлена обнаружением состояния пропадания сигнала на уровне сервера или приемом AIS на MEP (под)уровня сервера (sub), в случае когда MEP не использует функцию ETH-СС.

**Таблица I.7-1/Y.1731 – Критерии входа/выхода в AIS**

AIS	
Критерии входа	MEP получает кадр AIS.
Критерии выхода	В течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи AIS, MEP не принимает AIS кадры ИЛИ, при использовании ETH-СС, после устранения неисправности LOC на MEP.

MEP может принять решение о том, будет ли она блокировать кадры данных, когда она обнаруживает AIS. Принципиальным требованием, которое влияет на это решение, является то, что кадры данных должны максимально возможно ретранслироваться, не допуская возможности ретрансляции на нижележащие уровни ошибочных кадров данных. В таблице I.7-2 проводятся некоторые примеры. Подробное описание блокирования данных будет приведено в Добавлении 1 к Рекомендации МСЭ-Т G.8021/Y.1341.

**Таблица I.7-2/Y.1731 – Примеры блокирования данных на AIS**

Условие генерации AIS	Решение о блокировании кадров данных
Обнаружение состояний LOC, UnexpectedPeriod	Не блокировать
Прием кадра AIS	Не блокировать
Обнаружение состояний Ошибочное объединение, UnexpectedMEP	Блокировать
Обнаружение состояния UnexpectedMEGLevel	Блокировать

## **I.8 Состояние RDI**

MEP обнаруживает состояние RDI, когда она получает кадр CCM с заполненным полем RDI.

**Таблица I.8-1/Y.1731 – Критерии входа/выхода в состояние RDI**

<b>RDI</b>	
Критерии входа	MEP получает кадр CCM с заполненным полем RDI.
Критерии выхода	MEP получает кадр CCM с чистым полем RDI.

## **I.9 Состояние LCK**

MEP обнаруживает состояние LCK, когда она получает кадр LCK. Такая неисправность вызывается преднамеренными административными/диагностическими действиями на MEP (под)уровня сервера, что приводит к нарушению потока данных клиента.

**Таблица I.9-1/Y.1731 – Критерии входа/выхода в состояние LCK**

<b>LCK</b>	
Критерии входа	MEP получает кадр LCK.
Критерии выхода	В течение интервала времени, в 3,5 раза превышающего период передачи LCK период передачи, MEP не принимает кадры LCK.

## Дополнение II

### Сценарии создания сети Ethernet

#### II.1 Пример с совместно используемыми уровнями MEG

На рисунке II.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, и ромбы – точки TrCP.

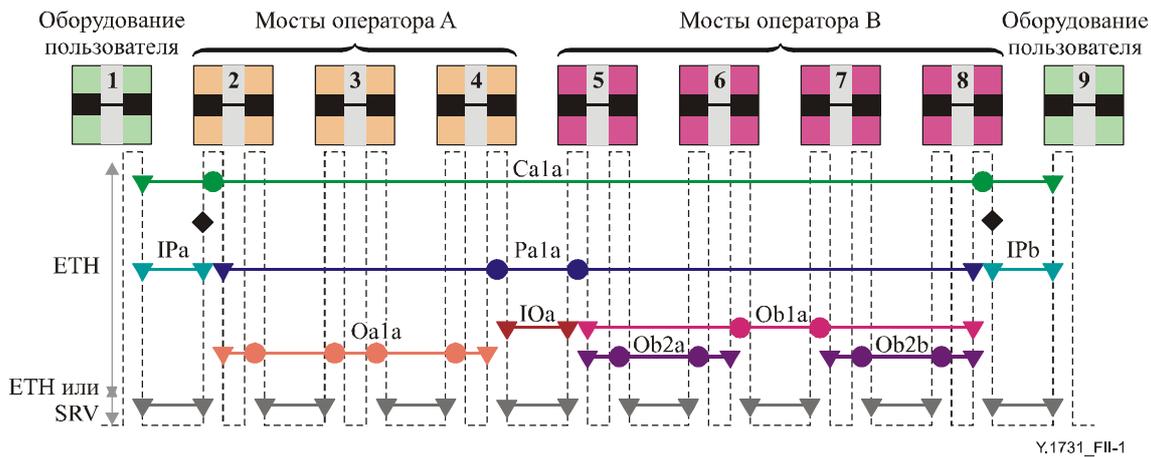


Рисунок II.1/У.1731 – Пример назначения уровней MEG для совместно используемых уровней MEG

- Объекту обслуживания (МЕ) пользователя UNI\_C – UNI\_C (Ca1a) может быть назначен Уровень MEG пользователя 5. Это позволит создать большее количество МЕ пользователя на более высоких уровнях MEG, т. е. 6 и 7, если требуются МЕ пользователя на дополнительных Уровнях MEG пользователя.
- Объекту обслуживания (МЕ) провайдера UNI\_N – UNI\_N (Pa1a) может быть назначен Уровень MEG провайдера 4. Это позволит создать большее количество МЕ провайдера на более низком уровне MEG, т. е. 3, если требуются дополнительные МЕ на более низком уровне MEG провайдера.
- Сквозным объектам обслуживания оператора (Oa1a и Ob1a) может быть назначен Уровень MEG оператора 2. Это позволит создать большее количество МЕ оператора на более низких уровнях MEG, т. е. 1 и 0, если в сети каждого оператора требуются эти МЕ оператора на дополнительных уровнях MEG оператора.
- Сегментным объектам обслуживания оператора в сети оператора В (Ob2a и Ob2b) теперь может быть назначен более низкий Уровень MEG, например 1, если такие МЕ нужны оператору В.
- Объектам обслуживания UNI\_C – UNI\_N (IPa и IPb) между пользователем и провайдером может быть назначен Уровень MEG 0. Это позволит провайдеру отфильтровать на UNI\_N такие кадры OAM, поскольку провайдеру требуется обеспечить прозрачность только для Уровней MEG пользователя 7, 6 и 5.
- Межоператорскому МЕ (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.

## II.2 Пример с независимыми уровнями MEG

На рисунке II.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, и ромбы – точки TrCP.

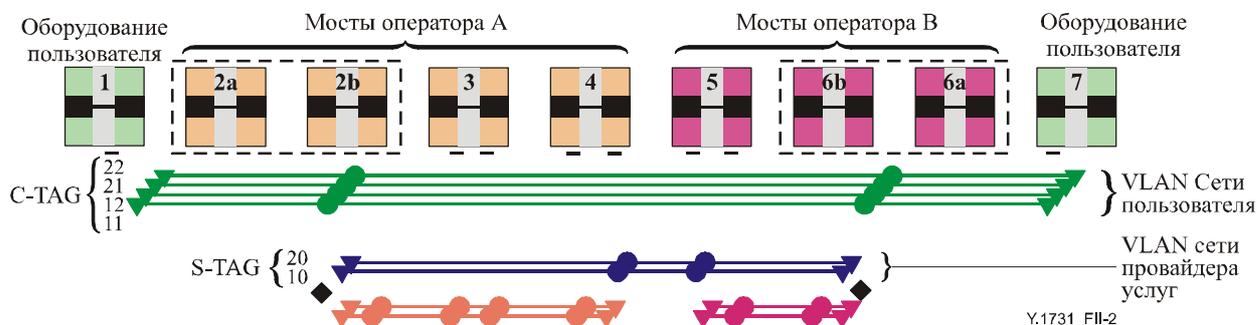


Рисунок II.2/У.1731 – Пример назначения уровней MEG для независимых уровней MEG

- В вышеприведенном примере четыре виртуальных локальных сети (VLAN) пользователя (11, 12, 21 и 22) и соответствующие MEG пользователя (показаны зеленым) полностью независимы от двух виртуальных локальных сетей провайдера услуг (20 и 10) и соответствующих MEG провайдера услуг (показаны синим).
- 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 II.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 III

### Измерение числа потерянных кадров

#### III.1 Вычисление числа потерянных кадров

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

- Не циклическая работа счетчиков приема и передачи.
- Циклическая работа только счетчика передачи.
- Циклическая работа только счетчика приема.
- Оба счетчика – приема и передачи – работают в циклическом режиме.

Для каждого случая число потерянных кадров можно вычислить следующим образом.

- Не циклическая работа счетчиков приема и передачи (см. рисунок III.1):

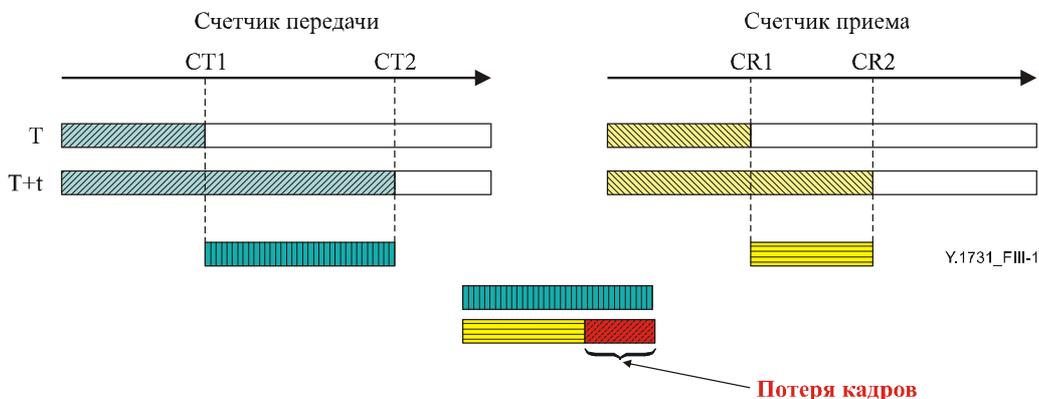


Рисунок III.1/Y.1731 – Нет циклической работы

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

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

- Циклическая работа только счетчика передачи (см. рисунок III.2):

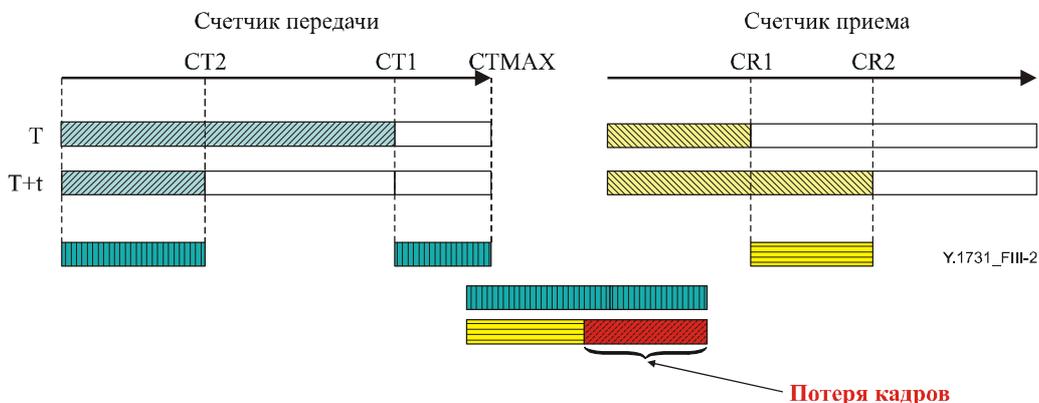


Рисунок III.2/Y.1731 – Циклическая работа счетчика передачи

В таком случае число потерянных кадров можно вычислить при помощи следующего уравнения, как описано в п. а):

$$\begin{aligned} \text{Число потерянных кадров} &= ((CT_{MAX} - CT_1) + CT_2 + 1) - (CR_2 - CR_1) \\ &= (CT_2 - CT_1) - (CR_2 - CR_1) + (CT_{MAX} + 1) \end{aligned}$$

с) Циклическая работа только счетчика приема (см. рисунок III.3):

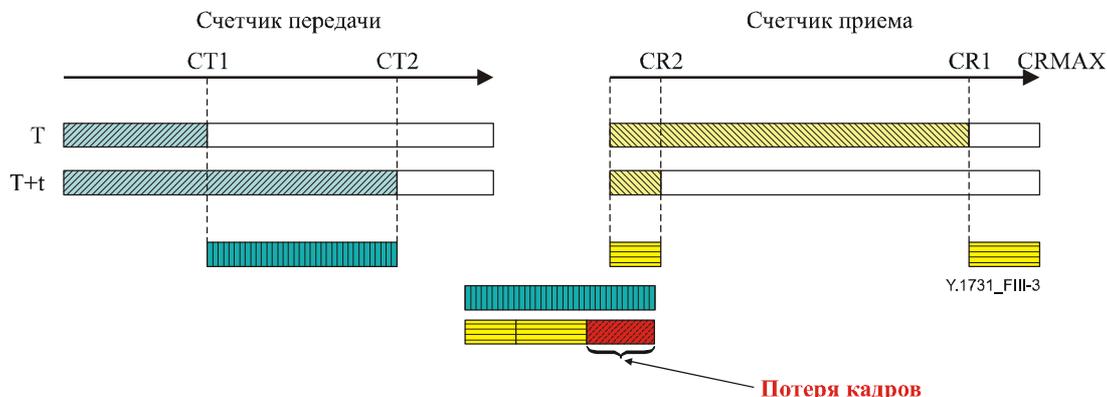


Рисунок III.3/Y.1731 – Циклическая работа счетчика приема

$$\begin{aligned} \text{Число потерянных кадров} &= (CT_2 - CT_1) - ((CR_{MAX} - CR_1) + CR_2 + 1) \\ &= (CT_2 - CT_1) - (CR_2 - CR_1) - (CR_{MAX} + 1) \end{aligned}$$

d) Оба счетчика - приема и передачи - работают в циклическом режиме (см. рисунок III.4):

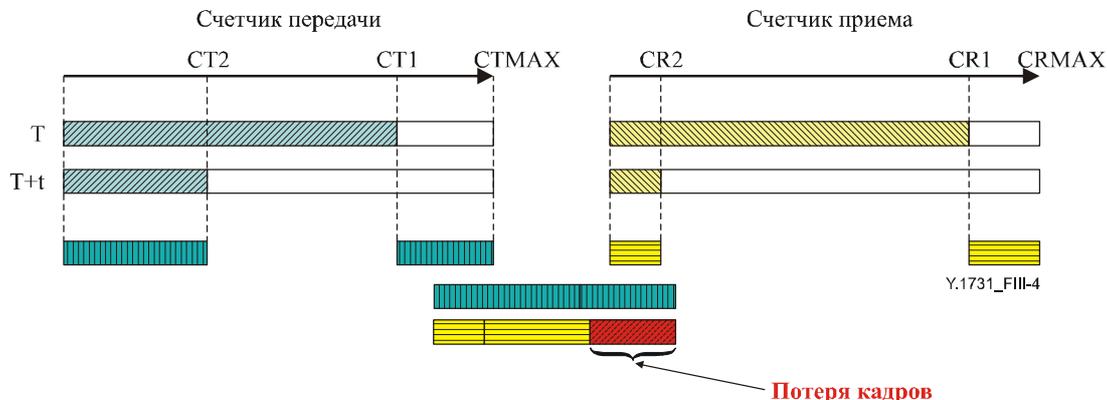


Рисунок III.4/Y.1731 – Оба счетчика работают в циклическом режиме

$$\begin{aligned} \text{Число потерянных кадров} &= ((CT_{MAX} - CT_1) + CT_2 + 1) - ((CR_{MAX} - CR_1) + CR_2 + 1) \\ &= (CT_2 - CT_1) - (CR_2 - CR_1) + (CT_{MAX} + 1) - (CR_{MAX} + 1) \end{aligned}$$

### III.1.1 Упрощенные вычисления числа потерянных кадров

Если вычисления выполняются в схеме без учета знака величины, формула расчета числа потерянных кадров может быть упрощена при помощи следующих уравнений:

$$\begin{aligned} N + (MAX + 1) &\equiv N \pmod{MAX + 1} \\ N - (MAX + 1) &\equiv N \pmod{MAX + 1} \end{aligned}$$

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

- a) **Число потерянных кадров** =  $(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)$
- b) **Число потерянных кадров** =  $(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) + CTMAX + 1$   
 $= ((CT2 + (CTMAX+1)) - CT1) - (CR2 - CR1)$   
 $= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)$
- c) **Число потерянных кадров** =  $(CT2 - CT1) - (CR2 - CR1) - (CRMAX + 1)$   
 $= (CT2 - CT1) - ((CR2 + CRMAX + 1) - CR1)$   
 $= (CT2 - CT1) - (CR2 - CR1)$
- d) **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, вычисления выполняются в схеме без учета знака величины.

### III.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 III.1/У.1731 – Периодичность обнуления счетчика кадров

Скорость интерфейса	Размер кадра	Периодичность обнуления 4-байтового счетчика кадров
1 Гбит/с	64 байта	$(2^{32})/((10^9)/((64+12)*8)) = 2611$ секунда
1 Гбит/с	1522 байта	$(2^{32})/((10^9)/((1522+12)*8)) = 52707$ 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 IV

### Межсетевое взаимодействие сети ОАМ

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, описанная в п. 5.3.1.

## Дополнение V

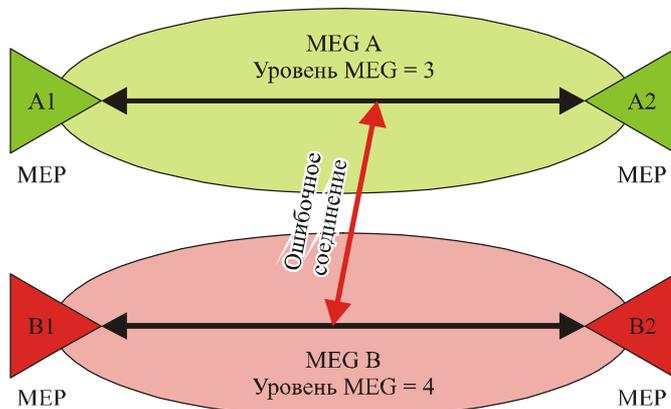
### Ошибочное объединение, обнаружение, ограничение

Точки MEP с целью обнаружения неисправности рассматривают только кадры CCM с уровнями MEG, равными или меньше их собственного. Кадры CCM с более высокими уровнями MEG проходят сквозь них без изменений для обеспечения прозрачности OAM, как определено в п. 5.7. Такое поведение приводит к ограничению возможности обнаружения ошибочного объединения, как показано на рисунке V.1 ниже.

В случае ошибочного объединения между группами MEG с различными уровнями MEG оконечные точки MEP группы объектов обслуживания (MEG) с меньшим уровнем MEG не обнаружат никаких неисправностей, поскольку кадры CCM, приходящие из MEG с более высоким уровнем MEG, прозрачно проходят через оконечные точки объекта. Точки MEP группы MEG с более высоким уровнем MEG будут обнаруживать состояние неисправности "Неожиданный уровень MEG" (Unexpected MEGLevel), определенное в I.4.

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

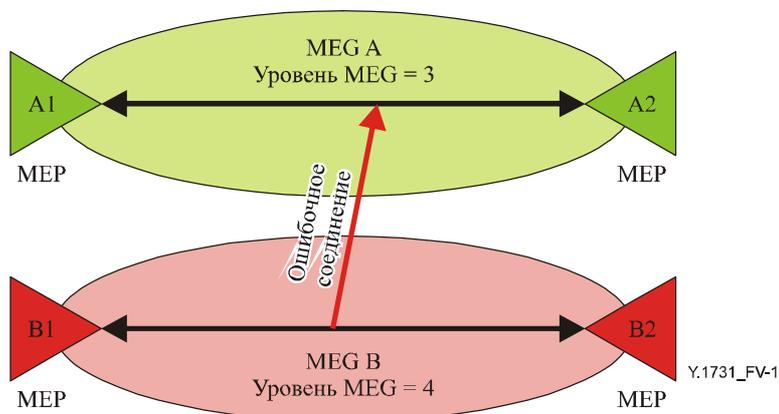
Точки MEP группы MEG A не обнаружили никаких дефектов, поскольку рассматривались только уровни MEG 3 и ниже.



Неожиданный уровень MEG, обнаруженный точками MEP группы MEG B

**а) Двустороннее ошибочное объединение**

Точки MEP группы MEG A не обнаружили никаких дефектов, поскольку рассматривались только уровни MEG 3 и ниже.



Не обнаружено никаких дефектов, поскольку в MEG B нет ошибочных соединений

**б) Односторонне ошибочное объединение**

**Рисунок V.1/Y.1731 – Ошибочное объединение, обнаружение, ограничение**

## Дополнение VI

### Соответствие терминологии с проектом стандарта IEEE 802.1ag

Ниже приводится связь терминологии, используемой в настоящей Рекомендации и в проекте стандарта IEEE 802.1ag.

Таблица VI.1/Y.1731 – Соответствие терминологии

Термин Y.1731	Термин 802.1ag	Примечания
MEG	MA	
MEG ID	MAID (Имя домена + Короткое имя MA)	В отличие от 802.1ag, MEG ID не предусматривает разделения между Именем домена и Коротким именем MEG в Рекомендации МСЭ-Т Y.1731.
MEG Level	MA Level	

## БИБЛИОГРАФИЯ

- ITU-T Recommendation G.8021/Y.1341 (2004), *Characteristics of Ethernet transport network equipment functional blocks – Amendment 1 (06/2006)*.
- IEEE draft 802.1ag, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Virtual Bridged Local Area Networks – Amendment 5: Connectivity Fault Management*.
- RFC 2544 (1999), *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*.



## 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 Системы 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 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 Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
- 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 межсетевого протокола и сети последующих поколений**
- Серия Z Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи