



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

У.1711

(02/2004)

СЕРИЯ У: ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО
ПРОТОКОЛА (IP) И СЕТИ СЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Аспекты межсетевого протокола (IP) – Эксплуатация,
управление и техническое обслуживание

**Механизм эксплуатации и технического
обслуживания для сетей MPLS**

Рекомендация МСЭ-Т У.1711

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y
ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО
ПРОТОКОЛА (IP) И СЕТИ СЛЕДУЮЩИХ 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 (IP)	
Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, сетевые возможности и управление ресурсами	Y.1200–Y.1299
Транспортирование	Y.1300–Y.1399
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые показатели качества	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление платы	Y.1800–Y.1899
СЕТИ СЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ (NGN)	
Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты обслуживания: Возможности служб и архитектура служб	Y.2200–Y.2249
Аспекты обслуживания: Взаимодействие служб и сетей в NGN	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.1711

Механизм эксплуатации и технического обслуживания для сетей MPLS

Резюме

В данной Рекомендации приводятся механизмы функциональных возможностей ОАМ (эксплуатации и технического обслуживания) в плоскости пользователя в сетях MPLS согласно требованиям и принципам, содержащимся в Рекомендации МСЭ-Т Y.1710. Настоящая Рекомендация разработана преимущественно для поддержки двухточечных и многоточечных явных маршрутизируемых трактов LSP (ER-LSP) с ограниченной возможностью применения к трактам LSP, использующим выталкивание предпоследнего транзитного участка (PHP).

В механизмах ОАМ, определяемых в данной Рекомендации, предполагается общая переадресация полезной нагрузки тракта LSP и блоков PDU согласно Рекомендации Y.1711. В ряде ситуаций это может оказаться неправильным, как, например, когда полезная нагрузка тракта LSP сбалансирована по нагрузке на множестве параллельных трактов, выступающих как единая трасса для ввода и вывода. Маршрутизаторы LSR, вносящие изменения в связность, отвечают за гарантию того, чтобы для каждой пары ввода-вывода сохранялось поведение Рекомендации Y.1711, связанное с доступностью.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т Y.1711 утверждена 12 февраля 2004 года 13-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2001–2004 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.

Всемирная ассамблея по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяет 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.

Соответствие положениям данной Рекомендации является добровольным делом. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (для обеспечения, например, возможности взаимодействия или применимости), и тогда соответствие данной Рекомендации достигается в том случае, если выполняются все эти обязательные положения. Для выражения требований используются слова "shall" ("должен", "обязан") или некоторые другие обязывающие термины, такие как "must" ("должен"), а также их отрицательные эквиваленты. Использование таких слов не предполагает, что соответствие данной Рекомендации требуется от каждой стороны.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на то, 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 не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для реализации 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.

© ITU 2005

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Область применения	1
2 Ссылки	1
2.1 Нормативные ссылки.....	1
2.2 Информационные ссылки	2
3 Определения	2
4 Символы и сокращения	3
5 Введение.....	4
5.1 Обзор функциональных возможностей	5
5.2 Идентификация пакетов подсистемы ОАМ из нормального трафика плоскости пользователя	6
5.3 Полезная нагрузка подсистемы ОАМ.....	6
5.4 Обработка пакетов подсистемы ОАМ с ошибками.....	6
5.5 Инженерные вопросы стоимости/риска	7
5.6 Вопросы совместимости сверху вниз	7
6 Механизмы подсистемы ОАМ.....	7
6.1 Характеристики, общие для всех пакетов подсистемы ОАМ	7
6.2 Проверка связности (CV)	8
6.3 Быстрое обнаружение отказа (FFD).....	9
6.4 Прямая индикация дефекта (FDI).....	9
6.5 Обратная индикация дефекта (BDI).....	11
6.6 Механизмы диагностики подсистемы ОАМ по требованию	11
6.7 Кодовые позиции типов дефектов.....	12
6.8 Критерии входа/выхода в состояние типа дефекта и последующие действия	13
7 Обработка доступного и недоступного состояний	15
7.1 Короткие остановы	16
7.2 Определение доступного/недоступного состояния	16
7.3 Измерения доступности на ближнем конце и на дальнем конце	17
7.4 Блок-схема обработки состояний на ближнем конце.....	17
7.5 Блок-схема обработки состояний на дальнем конце	20
7.6 Наглядное представление обработки состояний на ближнем конце и дальнем конце для короткого останова и события недоступности.....	23
8 Вопросы безопасности.....	23
Добавление I – Обработка источника и приема CV	25
Добавление II – Индексация конечного автомата доступности (ASM) для тракта LSP.....	25
Добавление III – Различные возможные сценарии дефектов при использовании подсистемы ОАМ с пробями FFD	26
ЛИТЕРАТУРА	27

Рекомендация МСЭ-Т Y.1711

Механизм эксплуатации и технического обслуживания для сетей MPLS

1 Область применения

В данной Рекомендации приводятся механизмы функциональных возможностей ОАМ (эксплуатации и технического обслуживания) в плоскости пользователя в сетях MPLS согласно требованиям и принципам, содержащимся в Рекомендации МСЭ-Т Y.1710. Настоящая Рекомендация разработана преимущественно для поддержки двухточечных и многоточечных явных маршрутизируемых трактов LSP (ER-LSP) с ограниченной возможностью применения к трактам LSP, использующим выталкивание предпоследнего транзитного участка (PHP).

В механизмах ОАМ, определяемых в данной Рекомендации, предполагается общая переадресация полезной нагрузки тракта LSP и блоков PDU согласно Рекомендации Y.1711. В ряде ситуаций это может оказаться неправильным, как, например, когда полезная нагрузка тракта LSP сбалансирована по нагрузке на множестве параллельных трактов, выступающих как единая трасса для ввода и вывода. Маршрутизаторы LSR, вносящие изменения в связность, отвечают за гарантию того, чтобы для каждой пары ввода-вывода сохранялось поведение Рекомендации Y.1711, связанное с доступностью.

2 Ссылки

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылки на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других источников, перечисленных ниже. Список действующих в настоящее время Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ в данной Рекомендации не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

2.1 Нормативные ссылки

- [1] ITU-T Recommendation I.610 (1999), *B-ISDN operation and maintenance principles and functions*.
- [2] ITU-T Recommendation G.805 (2000), *Generic functional architecture of transport networks*.
- [3] ITU-T Recommendation M.20 (1992), *Maintenance philosophy for telecommunication networks*.
- [4] ITU-T Recommendation Y.1710 (2002), *Requirements for Operation & Maintenance functionality in MPLS networks*.
- [5] IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture. Category: Standards Track*.
- [6] IETF RFC 3032 (2001), *MPLS Label Stack Encoding. Category: Standards Track*.
- [7] IETF RFC 2373 (1998), *IP Version 6 Addressing Architecture. Category: Standards Track*.
- [8] IETF RFC 3270 (2002), *Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services. Category: Standards Track*.
- [9] IETF RFC 3209 (2001), *RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels. Category: Standards Track*.
- [10] IETF RFC 3212 (2002), *Constraint-Based LSP Setup using LDP. Category: Standards Track*.

- [11] IETF RFC 3429 (2002), *Assignment of the 'OAM Alert Label' for Multiprotocol Label Switching Architecture (MPLS) Operation and Maintenance (OAM) Functions*.
- [12] ITU-T Recommendation Y.1712 (2004), *OAM functionality for ATM-MPLS interworking*.

2.2 Информационные ссылки

- [13] IETF RFC 1930 (1996), *Guidelines for creation, selection and registration of an Autonomous System (AS)*.

3 Определения

В данной Рекомендации вводится определенная терминология, необходимая для обсуждения функциональных компонент сети, связанных с подсистемой ОАМ. Эти определения согласуются с терминологией Рекомендации МСЭ-Т G.805.

3.1 обратное направление: Обратное направление – это направление, противоположное прямому направлению.

3.2 клиент/сервер (связь между сетями уровней иерархической структуры): [2] Термин, относящийся к прозрачной транспортировке соединения тракта уровня клиента (то есть более высокого уровня) сетевой трассой уровня сервера (то есть более низкого уровня).

3.3 дефект: [3] Прерывание возможности транспортного объекта (то есть сетевого соединения) передавать пользовательскую информацию или информацию подсистемы ОАМ. В данной Рекомендации определяются семь типов дефектов (подробное описание каждого из них приводится ниже):

- **dLOCV:** Дефект проверки потери связности.
- **dExcess:** Получение избыточного коэффициента для CV.
- **dPeerME:** Дефект однорангового объекта технического обслуживания сети.
- **dServer:** Дефект уровня сервера. Любой дефект уровня сервера, вытекающий из технологии уровня не-MPLS ниже сети наинизшего уровня MPLS.
- **dTTSI_Mismatch:** Дефект несоответствия идентификатора источника окончания трассы.
- **dTTSI_Mismerge:** Дефект неправильного слежения идентификаторов источников окончания трассы.
- **dUnknown:** Неизвестный дефект в сети MPLS.

3.4 отказ: [3] Завершение возможности транспортного объекта передавать информацию пользователя или информацию подсистемы ОАМ. Отказ может быть вызван устойчивым дефектом.

3.5 прямое направление: Прямое направление – это направление, по которому трафик и блоки PDU подсистемы ОАМ направляются к потоку пакетов окончания трассы на ближнем конце тракта LSP.

3.6 соединение тракта: Разбиение трассы уровня N, которая существует между двумя логически смежными коммутационными пунктами в сети уровня N.

3.7 подсеть: [2] Подсеть – это непрерывный топологический участок сети, разделенный ее множеством периферийных пунктов доступа и характеризующийся возможной маршрутизацией через подсеть между этими пунктами доступа. Сеть – это наибольшая подсеть, а узел – наименьшая подсеть (по крайней мере с точки зрения практических физических терминов, хотя в узлах имеются более малые подсети).

3.8 трасса: [2] Основной транспортный объект на уровне N, который состоит из поля полезной нагрузки (которое может переносить пакет от объекта трассы более высокого уровня N-1 клиента) с конкретной служебной нагрузкой, добавляемой для обеспечения целостности переадресации транспортного объекта трассы на уровне N.

3.9 пункт окончания трассы: [2] Пункт источника или приема трассы на уровне N, где служебная нагрузка трассы соответственно прибавляется или устраняется. Пункт окончания трассы должен иметь однозначно определяемые средства идентификации в пределах сети уровня.

3.10 плоскость пользователя: Это понятие относится к множеству компонент переадресации трафика, через которые следует трафик. Блоки PDU подсистемы OAM проверки CV (или наоборот подсистемы OAM FFD) периодически вводятся в этот поток трафика для текущего контроля состояния этих компонент переадресации. Плоскость пользователя также иногда называется плоскостью данных (особенно в IETF). Следует отметить, что протоколы плоскости контроля (например, для сигнализации или маршрутизации) потребуют собственную плоскость пользователя, и эта плоскость пользователя может быть или не быть конгруэнтной (с меняющейся степенью) с плоскостью пользователя, переносящей трафик.

4 Символы и сокращения

В данной Рекомендации используются следующие сокращения:

AIS	Сигнал индикации аварийного состояния
AS	Автономная система
ASM	Конечный автомат доступности
BDI	Обратный индикатор дефекта
BIP	Четность чередующихся битов
CR-LDP	Протокол распределения меток маршрутизации на основе ограничений
CV	Проверка связности
DL	Местоположение дефекта
DoS	Отрицание услуги
DT	Тип дефекта
E-LSP	Тракт LSP класса PSC, полученного на основе коммутации EXP
FDI	Прямой индикатор дефекта
FFD	Быстрое обнаружение отказа
FRR	Быстрая ремаршрутизация
LB	Шлейф
LB-Req	Запрос шлейфа
LB-Rsp	Ответ на запрос шлейфа
LSP	Коммутируемый по меткам тракт
L-LSP	Тракт LSP класса PSC, полученного только по меткам
LSR	Маршрутизатор коммутации по меткам
MPLS	Многопротокольная коммутация с использованием меток
NMS	Система управления сетью
OAM	Эксплуатация и техническое обслуживание
PHB	Поведение по участкам переходов по сети
PHP	Выталкивание предпоследнего транзитного участка
PSC	Класс диспетчеризации PHB
RSVP	Протокол резервирования ресурсов
СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SLA	Соглашение по уровню обслуживания
TTL	Время жизни
TTSI	Идентификатор источника окончания трассы

5 Введение

В данной Рекомендации приводятся средства подсистемы OAM, которые отвечают требованиям к подсистеме OAM, заданным в Рекомендации МСЭ-Т Y.1710. Данная Рекомендация опирается на следующие пакеты подсистемы OAM, которые детально будут определены далее, но не в резюме:

Проверка связности: Определены две пробы проверки связности, CV и FFD. Роль CV состоит в реализации модели доступности тракта LSP, описанной в разделе 7. Проба FFD используется для приложений, таких как защитная коммутация, требующая намного более быстрой ответной реакции. Использование проверки связности для приложений, требующих различных интервалов ввода, подлежит дальнейшему изучению.

CV: Поток CV генерируется в маршрутизаторе LSR источника тракта LSP с номинальной частотой 1/с и заканчивается в маршрутизаторе LSR приемника тракта LSP. Пакет CV содержит однозначно определяемый для сети идентификатор (TTSI), так что могут быть обнаружены все типы дефектов.

FFD: FFD обеспечивает вариант обнаружения отказа для тракта LSP с протоколом P2P независимо от модели доступности на базе CV, и FFD не привязано к коэффициенту ввода CV. Коэффициенты ввода при частоте 1/с или выше могут также быть использованы для построения модели доступности. Более низкие коэффициенты ввода будут обнаруживать устойчивые дефекты уровня MPLS, но будут неправильно формировать модель доступности. Более низкий коэффициент ввода с соответствующим более медленным обнаружением будет влиять на контролируемые текущим образом уровни клиента в виде несовпадений во времени по обнаружению дефектов, которые могут приводить к дополнительным аварийным сигналам и возможным дезориентирующим аварийным заикливаниям и/или к устойчивому аварийному состоянию на уровнях клиента. Вопрос влияния более низких коэффициентов ввода на критерии выхода из дефектных состояний (особенно для дефектов при неправильном слиянии и неправильном ветвлении) подлежит дальнейшему изучению.

Наличие FFD в тракте LSP будет обеспечивать возможность быстрого обнаружения отказа (по умолчанию FFD в подсистеме OAM не обеспечивается). Рекомендуется, чтобы FFD генерировалась на входе тракта LSP с коэффициентом 20/с. Это даст возможность обнаруживать отказ в тракте LSP в течение миллисекунд за 100с. Когда тракт LSP обладает FFD, то генерирование блоков PDU для пробы CV нейтрализуется.

Блок PDU пробы FFD содержит ту же информацию, что и проба CV. Обработка блока PDU на выходе тракта похожа на обработку для пробы CV и FFD с коррекцией для более высокой частоты поступления блока PDU пробы FFD и возможности дефектов при неправильном слиянии и неправильном ветвлении между трактами LSP, использующими либо FFD, либо CV.

Рекомендуется, чтобы проба FFD использовалась только как тракт LSP наинизшего уровня (Уровень 1), то есть никогда не должно быть простых трактов LSP с пробой CV, обслуживающих тракт LSP с пробой FFD. (Следует отметить, что причина для такой рекомендации состоит в том, что если имеется тракт LSP нижнего уровня, выполняющий простую пробу CV ниже тракта LSP с пробой FFD, тогда отказы внутри или ниже тракта LSP с простой пробой CV могут не посылать индикатор FDI вверх в тракт LSP с пробой FFD достаточно быстро, с тем чтобы остановить пробу FFD в предположении, что истинный дефект имеет место в тракте LSP с пробой FFD. Это потому, что для обнаружения дефекта и ввода индикатора FDI (с коэффициентом 1/с) для тракта LSP с пробой CV может понадобиться до 3 с, в то время как тракт LSP с пробой FFD обнаружит дефект за время ≤ 150 мс и, таким образом, предпримет более быстрые действия.

FDI: Поток индикаторов FDI генерируется в ответ на обнаружение дефектов (например, из потока CV). Его главная цель – подавление аварийных сигналов в сетях уровня выше уровня, на котором имеет место дефект. Он генерируется либо:

- i) в маршрутизаторе LSR, который сначала обнаруживает дефекты типа dServer/dUnknown; либо
- ii) в маршрутизаторе LSR, завершающем тракт LSP, для всех дефектов уровня коммутации MPLS.

BDI: Поток BDI вводится в обратный тракт (такой, как обратный тракт LSP) для информирования маршрутизатора LSR в восходящем направлении передачи (который является источником прямого тракта LSP) о том, что имеется дефект в пункте приема маршрутизатора LSR тракта LSP в нисходящем направлении передачи. Поэтому индикатор BDI обеспечивает индикатор FDI в терминах его периода генерации. Пакеты индикатора BDI могут быть полезными в 1:1/N экземплярах защитной коммутации.

Функционирование: Вопросы функционирования подлежат дальнейшему изучению. Однако желательно иметь по требованию метод определения потерь пакета/октета в тракте LSP в помощь поиску неисправностей, однако он не предназначен для использования в качестве постоянной на некоторое время функции подсистемы OAM (в отличие от потока CV), но все-таки может быть таковой.

Следует отметить, что вопросы отслеживания тракта, текущего контроля функционирования и функций шлейфов подлежат дальнейшему изучению.

Индикатор BDI и шлейфовые транзакции используют обратный тракт. Обратным трактом может быть:

- выделенный обратный тракт LSP;
- совместно используемый обратный тракт LSP, который совместно используется многими прямыми трактами LSP;
- обратный тракт без коммутации MPLS, такой как внеполосный IP-тракт. Этот вариант обладает потенциальными свойствами защиты. Например, обратный тракт может заканчиваться в другом интерфейсе маршрутизатора LSR, и в принципе злонамеренный пользователь мог бы сгенерировать индикатор BDI и послать его на вход маршрутизатора LSR. Поэтому из-за возможности вторжения в DoS должны быть приняты дополнительные меры по защите. Операторы должны использовать факультативное поле идентификатора TTSI в пакетах индикаторов BDI, чтобы гарантировать аутентификацию этих пакетов таким образом, чтобы приемники пакетов подсистемы OAM с индикатором BDI могли проверить, что отправитель пакета является юридически действительным.

Все пакеты подсистемы OAM определяются в потоке трафика тракта LSP путем использования хорошо известного в глобальном смысле и зарезервированного значения кодовой позиции метки (14). Дальнейшие детали по кодированию пакетов подсистемы OAM представлены далее.

Строго рекомендуется, чтобы пакеты подсистемы OAM с пробой CV или FFD генерировались в каждом тракте LSP (чтобы обнаружить все дефекты и в принципе осуществить защиту от утечки трафика как в тракты LSP, так и из них). Также рекомендуется, чтобы пакеты подсистемы OAM с индикатором FDI использовались для подавления всплесков аварий. Пакеты индикаторов BDI являются полезным инструментом текущего контроля на одном конце обоих направлений, а также в ряде случаев защитной коммутации. Однако это только рекомендации, и операторы по своему выбору могут использовать все пакеты подсистемы OAM или некоторые из них в зависимости от их соответствия. В Добавлении I приводится обсуждение ряда вариантов генерирования и обработки потоков CV.

Средства подсистемы OAM применяются по каждому тракту LSP. Если по некоторой причине сегмент данного тракта LSP на уровне N должен быть подвергнут текущему контролю (например, через поток CV или P-поток), то одним из способов выполнения этого является создание нового тракта LSP уровня сервера (то есть на уровне N + 1), чтобы охватить сегмент на уровне N.

5.1 Обзор функциональных возможностей

Функция обнаружения дефектов подсистемы OAM основана на периодической передаче пакетов проб CV или FFD от входа на выход тракта LSP. Скорость генерирования пакетов проб CV составляет 1 пакет в секунду, в то время как рекомендуемая скорость генерирования пакетов для пакетов проб FFD составляет 20 пакетов в секунду. Каждый пакет проб CV и FFD несет однозначно определенный идентификатор TTSI (идентификатор источника окончания тракта), который состоит из идентификатора маршрутизатора LSR источника и идентификатора тракта LSP.

Тракт LSP входит в состояние дефекта, когда имеет место один из дефектов, упомянутых в разделе 3 (более подробное их определение следует далее в виде точных критериев входа/выхода и последующих действий).

В дополнение к пакету пробы CV имеются другие типы пакетов подсистемы OAM, которые обеспечивают функции последовательной обработки отказов или текущего контроля функционирования. Эти типы пакетов будут определены далее. Все пакеты подсистемы OAM определяются в терминах функционального типа по первому октету полезной нагрузки пакета подсистемы OAM согласно следующей далее таблице (см. таблицу 1):

Таблица 1/У.1711 – Кодовые позиции типов функций подсистемы ОАМ

Кодовая позиция типа функции подсистемы ОАМ (шестнадцатеричная)	Первый октет полезной нагрузки пакета подсистемы ОАМ, тип функции и назначение
00	Зарезервирована
01	CV (проверка связности)
02	FDI (прямой индикатор дефекта)
03	BDI (обратный индикатор дефекта)
04	Зарезервирована для пакетов функционирования
05	Зарезервирована для LB-Req (запрос шлейфа)
06	Зарезервирована для LB-Rsp (ответ на запрос шлейфа)
07	FFD (быстрое обнаружение отказа)

Все прочие кодовые позиции типов функций подсистемы ОАМ зарезервированы для возможной стандартизации в будущем.

5.2 Идентификация пакетов подсистемы ОАМ из нормального графика плоскости пользователя

Структура меток, которая определена в [6], указывает на единственное поле меток в 20 битов. Ряд значений полей меток уже был зарезервирован для специальных функций [6].

В настоящей Рекомендации вводится новое, глобально резервируемое значение метки, которое здесь называется как "метка оповещения ОАМ". Рекомендуемым численным значением для метки оповещения ОАМ является 14 [11].

5.3 Полезная нагрузка подсистемы ОАМ

Полезная нагрузка пакета подсистемы ОАМ состоит из типа функции подсистемы ОАМ, специфических данных типа функции подсистемы ОАМ и общего механизма обнаружения ошибок с четностью чередования по битам глубины 16 (VIP16).

Все пакеты подсистемы ОАМ должны иметь минимальную длину полезной нагрузки в 44 октета, чтобы способствовать облегчению обработки и поддерживать требования по минимальному размеру пакета для текущих технологий уровня 2 (L2) (например, сеть Ethernet). Это достигается путем заполнения при необходимости поля данных конкретного типа подсистемы ОАМ одними нулями. Все биты заполнения резервируются для возможной стандартизации в будущем.

Передача осуществляется слева направо, от старшего бита (MSB) к младшему биту (LSB).

5.4 Обработка пакетов подсистемы ОАМ с ошибками

В каждом пакете подсистемы ОАМ для обнаружения ошибок используется чередование по битам глубины 16 (VIP16) (в последних двух октетах области полезной нагрузки подсистемы ОАМ). Остаток от VIP16 вычисляется по всем полям полезной нагрузки подсистемы ОАМ, включая тип функции и битовые позиции в VIP16 (которым в целях начального вычисления всем заранее присваиваются нулевые значения).

Порождающим многочленом для VIP16 является многочлен $G(x) = x^{16} + 1$.

Обработка согласно VIP16 должна быть выполнена по всем пакетам подсистемы ОАМ прежде, чем будет возможность надежной пересылки их полезной нагрузки для дальнейшей обработки. Все пакеты подсистемы ОАМ, где имеет место нарушение в VIP16 при обработке на приеме, должны отбрасываться.

В случае потока пакетов с пробам CV или FFD устойчивые нарушения в VIP16 будут вызывать потерю проверки связности (dLOCV). Такой характер поведения согласуется с характером фактически проявившегося дефекта. Однако рекомендуется, чтобы на уровне местного оборудования системе управления сетью посылалось уведомление с указанием того, когда имеют место все отбрасывания пакетов при нарушениях в VIP16, особенно если они приводят к соответствующему дефекту dLOCV.

В случае других типов пакетов подсистемы OAM, то есть FDI-, BDI- и P-пакетов, снова рекомендуется, чтобы на уровне местного оборудования системе управления сетью выдавалась некоторая индикация, указывающая на отбрасывание пакетов при нарушениях в VIP16. Порог, подлежащий использованию для записи/сообщений о таких действиях по отбрасыванию этих пакетов подсистемы OAM при нарушениях в VIP16, должен быть программируемым и в настоящей Рекомендации не рассматривается.

5.5 Инженерные вопросы стоимости/риска

Операторы должны рассматривать влияние функций подсистемы OAM на узловые ресурсы обработки и служебную нагрузку трафика сети в зависимости от возможности обнаруживать все отказы в плоскости пользователя коммутации MPLS.

В случае пакета подсистемы OAM с пробой CV или FFD, который образует основу для обнаружения дефектов, может быть проведено четкое различие между последствиями генерирования в источнике и последствиями обработки на приеме. Этот вопрос обсуждается в дальнейшем в Добавлении I.

5.6 Вопросы совместимости сверху вниз

Маршрутизаторы LSR, не поддерживающие функциональные возможности подсистемы OAM, будут игнорировать пакеты подсистемы OAM (поскольку метка оповещения OAM не распознается) и поэтому не будут иметь отрицательного влияния на трафик плоскости пользователя.

6 Механизмы подсистемы OAM

6.1 Характеристики, общие для всех пакетов подсистемы OAM

Ряд полей в заголовке пакета подсистемы OAM имеют общую интерпретацию во всех пакетах подсистемы OAM. Это объясняется ниже.

6.1.1 Кодирование стека меток

Пакеты подсистемы OAM отличаются от нормального трафика плоскости пользователя возрастанием на единицу глубины стека меток на заданном уровне тракта LSP, на котором они вводятся. Поэтому у них сохраняется эта разница стека меток в единицу (от нормального трафика плоскости пользователя), поскольку они пересекают все тракты LSP сервера низшего уровня.

Метка

Заголовок пакета с меткой оповещения OAM добавляется перед (то есть ниже) нормальным помеченным заголовком переадресации в плоскости пользователя в пункте источника трассы тракта LSP.

EXP

Пакеты подсистемы OAM могут быть использованы как в трактах E-LSP, так и в трактах L-LSP. Кодирование поля EXP должно осуществляться путем установки одних нулей в заголовке с меткой оповещения OAM и любого "PHB с минимальной вероятностью потери" в предшествующем нормальном заголовке переадресации плоскости пользователя для этого тракта LSP. Это должно гарантировать то, что пакеты подсистемы OAM имеют такое поведение PHB, которое обеспечивает наименьшую вероятность игнорирования [5]. Возможности подсистемы OAM, определенные в будущем, могут потребовать разного кодирования поля EXP.

S-bit

S-бит устанавливается только в заголовке с меткой оповещения OAM.

TTL

Поле TTL должно быть установлено на 1 в заголовке с меткой оповещения OAM. Причины для этого таковы:

- Пакеты подсистемы OAM никогда не должны проходить дальше пункта приема окончания трассы тракта LSP на уровне тракта LSP, где они были первоначально сгенерированы (следует отметить, что они не проверялись промежуточными маршрутизаторами LSR с подкачкой меток и рассматриваются только в пунктах приема тракта LSP).
- TTL нормального заголовка непосредственно перед переадресацией плоскости пользователя используется для уменьшения риска заикливания пакетов.

6.1.2 Промежуточная/предпоследняя обработка

Пакеты подсистемы OAM являются прозрачными относительно промежуточных маршрутизаторов LSR, включая предпоследние маршрутизаторы LSR.

6.1.3 Связи клиент/сервер

Пакеты подсистемы OAM в данном тракте LSP не синхронны относительно всех других пакетов подсистемы OAM в любом другом тракте LSP (он включает все вложенные тракты LSP и пакеты подсистемы OAM с удаленного конца тракта LSP на уровне N, но в другом направлении, когда используются двунаправленные тракты LSP на уровне N).

6.1.4 Структура TTSI (идентификатор источника окончания трассы)

Структура идентификатора источника окончания трассы (TTSI) тракта LSP определяется путем использования 16-октетного адреса идентификатора маршрутизатора LSR по протоколу IPv6, за которым следует 4-октетный туннельный идентификатор тракта LSP. Следует отметить, что первые 2 октета (октеты MSB) туннельного идентификатора тракта LSP в текущий момент заполнены одними нулями, чтобы учесть любое увеличение в будущем поля туннельного идентификатора.

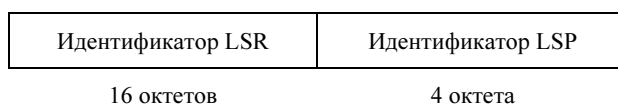


Рисунок 1/Y.1711 – Структура идентификатора TTSI

Для узлов, не поддерживающих адресацию по протоколу IPv6, адрес по протоколу IPv4 может быть использован для идентификатора маршрутизатора LSR при использовании формата, описанного в документе RFC 2373 [7]. Таким образом:

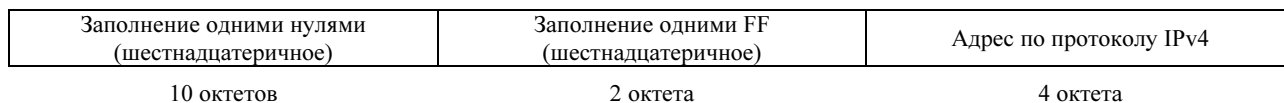


Рисунок 2/Y.1711 – Структура идентификатора маршрутизатора LSR при использовании адреса по протоколу IPv4

Идентификатор TTSI представляет однозначно определяемый сетью идентификатор пункта доступа тракта LSP. Он принадлежит к плоскости данных трафика и должен соответствовать и не зависеть от того, какие приложения используют тракт LSP и/или как был реализован тракт LSP, например путем обеспечения управления или сигнализации.

6.1.5 Обеспечение и сигнализация ожидаемого идентификатора TTSI в пунктах приема тракта LSP

При установлении тракта LSP пункт приема окончания трассы тракта LSP должен быть сконфигурирован согласно ожидаемому идентификатору TTSI. И хотя он может быть сконфигурирован вручную, в идеале это должно делаться автоматически через сигнализацию пункта LSP во время установления тракта LSP (например, через протокол CR-LDP или механизм плоскости контроля протокола RSVP). Идентификатор TTSI (идентификатор источника окончания трассы) образует однозначно определяемый сетью идентификатор пункта доступа, состоящий из идентификатора маршрутизатора LSR источника и идентификатора тракта LSP. Механизмы автоматической сигнализации/конфигурации идентификатора TTSI для текущего контроля на ближнем конце пробы CV и FFD подлежат дальнейшему изучению.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Внимание обращается на тот факт, что активация/деактивация функциональных возможностей CV/FFD/FDI/BDI должна быть тесно связана с сознательным установлением/завершением трактов LSP. Это необходимо, чтобы гарантировать, что последующие действия (особенно аварийные сигналы) соответствующим образом иницируются/нейтрализуются. Например, очевидно, что обработка проб CV или FFD должна быть активизирована (деактивизирована) после того (до того), как будет установлен (разрушен) тракт LSP.

6.2 Проверка связности (CV)

Функция проверки связности используется для обнаружения/диагностики всех типов дефектов связности тракта LSP (возникающих либо на нижних уровнях, либо в сетях уровня MPLS).

Структура полезной нагрузки

Тип функции (01 шестнадцатеричное)	Зарезервировано (все 00 шестнадцатеричные)	Идентификатор источника окончания трассы тракта LSP	Заполнение (все 00 шестнадцатеричные)	ВР16
1 октет	3 октета	20 октетов	18 октетов	2 октета

Рисунок 3/Y.1711 – Структура полезной нагрузки CV

Информация большего объема о различных вариантах обработки ввода/вывода содержится в Добавлении I.

6.3 Быстрое обнаружение отказа (FFD)

Функция быстрого обнаружения отказа используется для обнаружения проверки соединения в более малом масштабе времени в сравнении с функциональными возможностями CV. Кроме того, подобно подсистеме OAM с пробой CV, эта функция обнаруживает все типы дефектов связности тракта LSP (возникающих либо на нижних уровнях, либо в сетях уровня MPLS).

Структура полезной нагрузки

Тип функции (07 шестнадцатеричные)	Зарезервировано (все 00 шестнадцатеричные)	Идентификатор источника окончания трассы тракта LSP	Частота	Заполнение (все 00 шестнадцатеричные)	ВР16
1 октет	3 октета	20 октетов	1 октет	17 октетов	2 октета

Рисунок 4/Y.1711 – Структура полезной нагрузки FFD

Где частота – одна из следующих:

- 00 зарезервирована
- 01 10 мс
- 02 20 мс
- 03 50 мс (значение по умолчанию)
- 04 100 мс
- 05 200 мс
- 06 500 мс
- 07–255 зарезервированы

Если получено зарезервированное значение, то выход не может определить частоту внесенный проб входом; поэтому dLOCV не является состоянием действительного дефекта.

6.4 Прямая индикация дефекта (FDI)

Прямая индикация дефекта генерируется маршрутизатором LSR, определяющим любой дефект (определяется ниже), и вводится в задействованные уровни клиента. Пакеты подсистемы OAM с индикацией FDI генерируются с номинальной скоростью 1 в секунду. Пакет с индикацией FDI отслеживается в прямом направлении и вверх через любой вложенный стек трактов LSP. Его главная цель – подавлять аварийные сигналы, возникающие в затронутых трактах LSP клиента более высокого уровня и (поочередно) в их уровнях клиента (где клиенты более высокого уровня могут не находиться в той же области управления, как и начальный источник дефекта). Эта индикация включает поля для указания на характер дефекта и его местоположение.

Обработка дефекта на ближнем конце для трактов LSP с коммутацией MPLS или обслуживание трактов уровня будут подавлять генерирование индикации FDI для слоев/уровней клиента с коммутацией MPLS, которые могут иметь пункты слияния в нисходящем направлении до выхода тракта LSP. В настоящее время она включает установление трактов LSP, используя протокол LDP, и установление трактов LSP с расширенным оборудованием RSVP-TE с быстрой ремаршрутизацией FRR.

Индикатор FDI посылается в нисходящем направлении от первого узла, определяющего дефект. В случае отказов уровня сервера коммутации MPLS (то есть в технологии более низкого уровня, такой как СЦИ) это будет первое нисходящее направление маршрутизатора LSR отказа уровня сервера (как следствие, соответствующей адаптации клиент/сервер сигнала индикатора FDI сервера). В случае отказов уровня коммутации MPLS (то есть отказов в матрице коммутации MPLS) это будет первый пункт приема окончания трассы тракта LSP с маршрутизатором LSR на том же уровне тракта LSP, что и отказ.

Структура полезной нагрузки

Тип функции (02 шестнадцатеричные)	Зарезервировано (00 шестнадцатеричные)	Тип дефекта	TTSI (факультативный, если не используется, устанавливаются все 00 шестнадцатеричные)	Местоположение дефекта	Заполнение (все 00 шестнадцатеричные)	ВРР16
1 октет	1 октет	2 октета	20 октетов	4 октета	14 октетов	2 октета

Рисунок 5/Y.1711 – Структура полезной нагрузки индикатора FDI

Поле для типа дефекта устанавливается длиной в 2 октета, а значения приводятся ниже.

Включение идентификатора TTSI в пакет индикатора FDI является факультативным и может использоваться в случае выталкивания предпоследнего транзитного участка (PHP), что рассматривается в Добавлении II. Если PHP не используется, то поле TTSI может быть закодировано одними нулями.

Поле для местоположения дефекта занимает 4 байта. Идентификатор сети, в которой был обнаружен дефект, должен быть закодирован в местоположении дефекта (DL) в виде номера автономной системы (AS). Документ RFC 1930 [13] определяет номер AS длиной в 2 байта. Однако для поля местоположения дефекта выделено поле в 4 октета, чтобы предусмотреть более длинный номер AS в будущем. Для кодирования 16-битового номера AS используется следующая процедура:

16-битовый номер AS кодируется в половине поля DL для битов LSB, а половина поля DL для битов MSB занята нулями.

Пакет подсистемы OAM с индикатором FDI рекурсивно отображается выше, через процесс адаптации клиент/сервер в пунктах приема окончания трассы тракта LSP, во все далее задействованные тракты LSP более высокого уровня клиента. Когда пакет поступает в верхний тракт LSP, его необходимо отобразить в эквивалентный индикатор FDI для дальнейшего переноса на любом уровне клиента. В случае IP (или в действительности любого другого уровня клиента) это отображение в данной Рекомендации не рассматривается.

Следует отметить, что тракты LSP более высокого уровня, которые "охватывают" дефект более низкого уровня, будут также обнаруживать дефекты (в результате искажения их собственного потока проб CV или FFD), но они также будут видеть входящий поток пакетов подсистемы OAM с индикатором FDI от тракта LSP самого нижнего уровня, где дефект был первоначально обнаружен. Это динамическое поведение предусматривает корректную идентификацию истинного источника дефекта, и подробное объяснение этого следует далее. В данной ситуации достаточно отметить, что входящий индикатор FDI необходим для:

- Подавления ненужных аварийных сигналов в затронутых трактах LSP более высокого уровня.
- Выдачи индикации затронутым LSP более высокого уровня о том, что дефект наблюдается в тракте LSP более низкого уровня.
- Возможности соответствующего кодирования индикатора BDI на затронутом более высоком уровне.

Важно, что пункт приема тракта LSP знает (в течение времени работы тракта LSP) о всех отображениях меток тракта LSP сервер→клиент, которые существовали до дефекта. Хотя точные средства для получения этого в данной Рекомендации не рассматриваются, приводится ряд примеров того, как эти отображения меток уровня сервер→клиент могли бы быть сконфигурированы, а именно:

- вручную, например, через систему NMS;
- автоматически при установке тракта LSP через расширения для сигнализации тракта LSP;

- с помощью автоматического "процесса обучения", то есть если во время установления трактов LSP клиента сигнализация туннелируется через уровень сервера, тогда узел окончания трассы сервера мог бы сохранять информацию в памяти об установленных трактах LSP, если они есть.

Когда индикатор FDI должен быть переслан от тракта LSP уровня сервера к его тракту (трактам) LSP уровня клиента (то есть функции адаптации клиент/сервер, следующей за пунктом приема окончания трассы тракта LSP уровня сервера), поле местоположения дефекта и типа дефекта должно быть сканировано из индикатора FDI тракта LSP уровня сервера в индикатор FDI тракта (трактов) LSP уровня клиента.

6.5 Обратная индикация дефекта (BDI)

Назначение функции подсистемы OAM с индикатором BDI – информировать конец в восходящем направлении передачи тракта LSP о дефекте в нисходящем направлении передачи. Однако чтобы это сделать, требуется обратный тракт. Обратная индикация дефекта генерируется в пункте источника окончания трассы обратного тракта в ответ на обнаружение дефекта в пункте приема окончания трассы тракта LSP в прямом направлении. Функциональные возможности, предоставляемые индикатором BDI, полезны для приложений, таких как измерения на одном конце коротких прерываний/доступности/функционирования сети в обоих направлениях, или для предоставления индикации по определенным типам защитной коммутации.

Структура полезной нагрузки

Тип функции (03 шестнадцатеричные)	Зарезервировано (00 шестнадцатеричные)	Тип дефекта	TTSI (факультативный, если не используется, устанавливаются все 00 шестнадцатеричные)	Место- положение дефекта	Заполнение (все 00 шестнадцатеричные)	ВР16
1 октет	1 октет	2 октета	20 октетов	4 октета	14 октетов	2 октета

Рисунок 6/Y.1711 – Структура полезной нагрузки индикатора BDI

Индикатор BDI посылается из пункта источника трассы тракта LSP обратного тракта как зеркальное отражение соответствующего (см. примечание) индикатора FDI в пункте приема трассы тракта LSP другого направления. Поля местоположения дефекта и типа дефекта являются прямым отображением полей, полученных из соответствующего (см. примечание) индикатора FDI, и имеют идентичные форматы, как описано ранее для пакета подсистемы OAM с индикатором FDI.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Слово "соответствующий" здесь означает, что любой входящий индикатор FDI (то есть от более низкого уровня) имеет приоритет над любым индикатором FDI, который будет сгенерирован на уровне, рассматриваемом из-за обнаружения дефектов на этом уровне (где эти дефекты являются только следствием дефекта более низкого уровня).

Включение идентификатора TTSI в пакет с индикатором BDI является факультативным и может использоваться в случае совместно используемых или внеполосных обратных трактов для индикатора BDI, как рассматривается в Добавлении II. Для двунаправленных трактов LSP это поле может быть заполнено одними нулями. При использовании идентификатор TTSI устанавливается по значению ожидаемого идентификатора TTSI прямого тракта LSP, которому соответствует индикатор BDI.

6.6 Механизмы диагностики подсистемы OAM по требованию

Может быть определен ряд механизмов диагностики подсистемы OAM по требованию. Эти механизмы предназначены для обеспечения эксплуатационного персонала дополнительным инструментарием подсистемы OAM, например, в помощь диагностированию сетевых проблем.

6.6.1 Измерения функциональных характеристик

Эти вопросы подлежат дальнейшему изучению.

6.6.2 Шлейфные транзакции

Эти вопросы подлежат дальнейшему изучению.

6.7 Кодовые позиции типов дефектов

Код типа дефекта занимает два октета. Первый октет указывает на уровень, а второй октет указывает на характер дефекта.

Таблица 2/У.1711 – Кодовые позиции типов дефектов в пакетах подсистемы ОАМ с индикаторами FDI/BDI

Тип дефекта (DT)	Код DT (шестнадцатеричный)	Содержание
dServer	01 01	Любой дефект уровня сервера, возникающий ниже сети уровня с коммутацией MPLS. Не предлагается, чтобы эти дефекты определялись индивидуально и для каждого типа уровня сервера, поскольку эта функция соответствует только самому уровню сервера. Следовательно, необходима только индикация того, что это уровень сервера, а не уровень коммутации MPLS. Следует заметить, что этот дефект не генерируется механизмами подсистемы ОАМ при коммутации MPLS, скорее всего это – вход в подсистему ОАМ коммутации MPLS от уровня сервера.
dPeerME	01 02	Любой дефект однорангового объекта технического обслуживания, возникающий вне подсети MPLS. Не предлагается, чтобы эти дефекты идентифицировались индивидуально и определялись для каждого типа одноранговой сети. Следовательно, необходима только индикация того, что это не дефект в подсети MPLS. Следует отметить, что этот дефект не генерируется механизмами подсистемы ОАМ при коммутации MPLS, скорее всего это – вход в подсистему ОАМ коммутации MPLS от функции взаимодействия сети уровня.
dLOCV	02 01	Простая потеря проверки связности из-за потери пакетов ОАМ с пробами CV или FFD с ожидаемым идентификатором TTSI. Следует отметить, что: 1) Если причиной dLOCV является уровень сервера (то есть имеется также входной сигнал индикатора FDI от уровня сервера), тогда для DT используется кодовая позиция 01 01 шестнадцатеричная. 2) Если причиной dLOCV является одноранговый объект технического обслуживания (то есть имеется также входной сигнал индикатора FDI от функции IWF с кодовой позицией 01 02 для DT), тогда для DT используется кодовая позиция 01 02 шестнадцатеричная. Кодовая позиция 02 01 шестнадцатеричная дефекта dLOCV используется только для простых отказов связности уровня коммутации MPLS.
dTTSI_Mismatch	02 02	Дефект несовпадения идентификатора источника окончания трассы обусловлен неожиданным и не ожидаемым идентификатором TTSI, наблюдаемым во входящих пакетах подсистемы ОАМ с пробами CV или FFD. Этот дефект демонстрирует нарушение конфигурации (например, подкачку) соединений. Следует отметить, что состояние дефекта dTTSI_Mismatch имеет приоритет над состоянием дефекта dLOCV, которое также присутствует.
dTTSI_Mismerge	02 03	Дефект нарушения слияния идентификатора источника окончания трассы вызван как неожиданным, так и ожидаемым идентификатором TTSI, наблюдаемым во входящих пакетах подсистемы ОАМ с пробами CV или FFD. При этом обнаруживаются отказы как нарушения ветвления, так и непреднамеренного копирования. Следует отметить, что в отличие от дефекта dTTSI_Mismatch, состояние дефекта dLOCV отсутствует. Однако этот дефект не должен вступать в логическое противоречие с дефектом dExcess; и хотя входящая скорость для проб CV или FFD будет возрастать, это возрастание не будет вызвано исключительно пакетами с пробами CV или FFD с ожидаемым идентификатором TTSI.
dExcess	02 04	Дефект dExcess обнаруживается путем наблюдения за возрастающей скоростью пакетов подсистемы ОАМ с пробами CV или FFD с ожидаемым идентификатором TTSI выше номинальной скорости 1/с для пакетов подсистемы ОАМ с пробой CV и 20/с для пакетов подсистемы ОАМ с пробой FFD. Это может быть из-за собственного нарушения слияния, неисправного маршрутизатора LSR источника, влияния DoS и прочее.

Таблица 2/Y.1711 – Кодовые позиции типов дефектов в пакетах подсистемы OAM с индикаторами FDI/BDI

Тип дефекта (DT)	Код DT (шестнадцатеричный)	Содержание
dUnknown	02 FF	Дефект dUnknown определяется на уровне коммутации MPLS. Ожидается, что он используется для узловых отказов коммутации MPLS, которые обнаруживаются в узле (вероятно, с помощью узкоспециализированных средств) и влияют на трафик в плоскости пользователя. Следует заметить, что этот дефект не обнаруживается подсистемой OAM коммутации MPLS, скорее всего это – вход в подсистему OAM коммутации MPLS.
Нет	00 00	Зарезервировано
Нет	FF FF	Зарезервировано

6.8 Критерии входа/выхода в состояние типа дефекта и последующие действия

Имеются 4 дефекта плоскости пользователя уровня коммутации MPLS, то есть dLOCV, dTTSI_Mismatch, dTTSI_Mismerge и dExcess, которые определены более подробно.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Поскольку потоки пакетов подсистемы OAM не синхронизированы в трактах LSP на разных иерархических уровнях (то есть когда тракты LSP вложены), существует возможность того, что тракт LSP уровня клиента обнаруживает дефект до его тракта LSP уровня сервера. Эта ошибка может составлять до 1 с из-за разницы во времени поступления пакетов с пробами CV плюс некоторой дополнительной неопределенности из-за влияния сетевых задержек. Это могло привести к ошибке в оценке типа дефекта, который имеет место, и, следовательно, в определении соответствующих последующих действий, особенно, является ли оправданным возникновение местного аварийного сигнала и какова правильная установка кодовых позиций для DL и DT в пакетах подсистемы OAM с индикаторами FDI/BDI. Для смягчения этого эффекта рекомендуется, чтобы возникновение аварийного сигнала задерживалось по меньшей мере на 2 секунды после обнаружения состояния дефекта (точное значение подлежит дальнейшему изучению). Что касается поведения при обнаружении дефекта, то это также позволит устанавливать сеть в устойчивое состояние.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Запуск/останов объединения всех измерений показателей сети в плоскости пользователя тракта LSP, в частности показателей потерь пакетов/октетов (например, если использовать пакет подсистемы OAM Р-канала), зависит от того, находится ли тракт LSP в доступном или недоступном состоянии.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Если в данном тракте LSP присутствуют одновременно несколько дефектов, тогда предлагаемый порядок приоритетов таков: dTTSI_Mismatch, dTTSI_Mismerge, dLOCV и dExcess.

6.8.1 Критерии входа в состояние дефекта dLOCV

Вход в состояние дефекта dLOCV и, следовательно, вход в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP имеют место тогда, когда:

- Для тракта LSP, не имеющего быстрого обнаружения отказа (то есть при отсутствии пакетов подсистемы OAM с пробой FFD), имеются неожиданные пакеты подсистемы OAM с пробой CV, наблюдаемые в течение любого периода в 3 последовательных секунды.
- Для тракта LSP, имеющего быстрое обнаружение отказа (то есть при наличии пакетов подсистемы OAM с пробой FFD), имеются неожиданные пакеты подсистемы OAM с пробой FFD, наблюдаемые за любой период из 3-х последовательных интервалов в x секунд, где $x < 1с$ (случай, когда $x > 1с$, подлежит дальнейшему изучению) является интервалом ввода для пакетов подсистемы OAM с пробой FFD в поле частоты блоков PDU с пробой FFD или же обеспечивается местным образом. (Следует отметить, что окно в $3x$ секунд перемещается вперед с шагом в x секунд. Далее следует отметить, что рекомендуемое значение для периодического интервала ввода для пакетов в x секунд подсистемы OAM с пробой FFD составляет 50 мс в соответствии с рекомендуемой частотой 20 за секунду.)

В виде последовательных действий

- Если имеется входящий сигнал индикатора FDI от уровня сервера ниже сети MPLS, тогда он отображается в кодовую позицию 01 01 (шестнадцатеричную) типа дефекта (DT) в пакетах подсистемы OAM с индикатором FDI, посылаемых вперед, и во всех пакетах подсистемы OAM с индикатором BDI, посылаемых назад. Локальная кодовая позиция для DL также вводится в эти пакеты подсистемы OAM с индикаторами FDI и BDI. Отсутствуют аварийные сигналы, связанные с самим уровнем коммутации MPLS, кроме уровня сервера, который выдает сигнал индикатора FDI.

Иначе

- Если имеется входящий сигнал индикатора FDI от тракта LSP более низкого уровня в сети MPLS, тогда кодовые позиции для DL/DT этого сигнала индикатора FDI отражаются в индикатор FDI, посылаемый ко всем дальнейшим уровням клиента (то есть подавляется генерирование кодовых позиций для DL/DT индикатора FDI из этого пункта), а пакет подсистемы OAM с индикатором BDI посылается назад. Отсутствуют аварийные сигналы, генерируемые при рассмотрении этого тракта LSP (аварийный сигнал будет связан с трактом LSP самого нижнего уровня, являющимся источником дефекта).

Иначе

- Если нет входящего сигнала индикатора FDI от уровня сервера или тракта LSP более низкого уровня и нет пакетов подсистемы OAM с пробами CV или FFD, наблюдаемых с неожиданным идентификатором TTSI, тогда кодовая позиция 02 01 (шестнадцатеричная) для DT вводится в посылаемые в нисходящем направлении передачи пакеты подсистемы OAM с индикатором FDI и во все посылаемые в восходящем направлении передачи пакеты подсистемы OAM с индикатором BDI. Локальная кодовая позиция для DL также вводится в эти пакеты подсистемы OAM с индикаторами FDI и BDI. Возникает местный аварийный сигнал, связанный с состоянием этого дефекта.

6.8.2 Критерии входа в состояние дефекта dTTSI_Mismatch

Вход в состояние дефекта dTTSI_Mismatch и, следовательно, вход в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP имеют место, когда:

- Для тракта LSP без быстрого обнаружения отказа (то есть не снабженного пакетами подсистемы OAM с пробой FFD) имеются любые пакеты подсистемы OAM с пробами CV или FFD, наблюдаемые за любой период из 3-х последовательных секунд, каждый с неожиданным идентификатором TTSI, и нет пакетов подсистемы OAM с пробой CV, наблюдаемых с ожидаемым идентификатором TTSI за тот же период.
- Для тракта LSP с быстрым обнаружением отказа (то есть снабженного пакетами подсистемы OAM с пробой FFD) имеются все пакеты с пробами CV или FFD, наблюдаемые за любой период из 3-х последовательных интервалов в x секунд, каждый с неожиданным идентификатором TTSI, и отсутствуют пакеты подсистемы OAM с пробой FFD, наблюдаемые с ожидаемым идентификатором TTSI за тот же период.

Следует отметить, что дефект dTTSI_Mismatch "перекрывает" дефект dLOCV (например, как было бы при подкачках трактов LSP). Кодовая позиция 02 02 (шестнадцатеричная) для DT вводится в посылаемые вперед пакеты подсистемы OAM с индикатором FDI и во все посылаемые назад пакеты подсистемы OAM с индикатором BDI. Местонахождение дефекта (DL) также вводится в эти пакеты подсистемы OAM с индикаторами FDI и BDI. Возбуждается местный аварийный сигнал, связанный с этим состоянием дефекта, а неожиданный идентификатор TTSI фиксируется локально (факультативно он также может быть передан в систему NMS как особое сообщение). Сигнал трафика, передаваемого в нисходящем направлении передачи, также должен быть подавлен.

6.8.3 Критерии входа в состояние дефекта dTTSI_Mismerge

Вход в состояние дефекта dTTSI_Mismerge и, следовательно, вход в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP имеют место тогда, когда:

- Для тракта LSP без быстрого обнаружения отказа (то есть без пакетов подсистемы OAM с пробой FFD) имеются любые пакеты подсистемы OAM с пробами CV или FFD, каждый с неожиданным идентификатором TTSI, и любые пакеты подсистемы OAM с пробой CV, каждый с ожидаемым идентификатором TTSI, наблюдаемые за любой период из 3-х последовательных секунд.
- Для тракта LSP с быстрым обнаружением отказа (то есть с предоставленными пакетами подсистемы OAM с пробой FFD) имеются любые пакеты подсистемы OAM с пробами CV или FFD, каждый с неожиданным идентификатором TTSI, и любые пакеты подсистемы OAM с пробой FFD, каждый с ожидаемым идентификатором TTSI, наблюдаемые в течение любого периода из 3-х последовательных интервалов в x секунд.

Следует отметить, что дефект dTTSI_Mismerge не должен вступать в логическое несоответствие с дефектом dExcess, поскольку в первом случае возрастание принятых пакетов с пробами CV или FFD имеет место вследствие пакетов подсистемы OAM с пробами CV или FFD как с ожидаемым, так и с неожиданным идентификатором TTSI, в то время как в последнем случае это происходит только из-за пакетов с пробами CV или FFD с ожидаемым идентификатором TTSI. Кодовая позиция 02 03 (шестнадцатеричная) для DT вводится в посылаемые далее пакеты подсистемы OAM с индикатором FDI и все посылаемые назад пакеты подсистемы OAM с индикатором BDI. Кодовая позиция для DL также вводится в эти пакеты подсистемы OAM с индикаторами FDI и BDI. В связи с этим состоянием дефекта возникает местный аварийный сигнал, а неожиданный идентификатор TTSI фиксируется местным образом (он может также факультативно посылаться системе NMS как особое сообщение). Сигнал трафика, передаваемый в нисходящем направлении, может подавляться факультативно.

6.8.4 Критерии входа в состояние дефекта dExcess

Вход в состояние дефекта dExcess и, следовательно, вход в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP имеют место, когда:

- Для тракта LSP без быстрого обнаружения отказа (то есть не снабженного пакетами подсистемы OAM с пробой FFD) имеется ≥ 5 пакетов подсистемы OAM с пробой CV, наблюдаемых за любой период из 3-х последовательных секунд, каждый с ожидаемым идентификатором TTSI.
- Для тракта LSP с быстрым обнаружением отказа (то есть снабженного пакетами подсистемы OAM с пробой FFD) имеется ≥ 5 пакетов подсистемы OAM с пробой FFD, наблюдаемых за любой период из 3-х последовательных интервалов в x секунд, каждый с ожидаемым идентификатором TTSI.

Кодовая позиция 02 04 (шестнадцатеричная) для DT вводится в посылаемые в прямом направлении пакеты подсистемы OAM с индикатором FDI и во все посылаемые в обратном направлении пакеты подсистемы OAM с индикатором BDI. Местная кодовая позиция для DL также вводится в эти пакеты подсистемы OAM с индикаторами FDI и BDI. В соответствии с этим состоянием дефекта возникает местный аварийный сигнал.

6.8.5 Критерии выхода из состояний дефекта

Выход из состояния дефекта dLOCV, dTTSI_Mismatch, dTTSI_Mismerge или dExcess и, следовательно, выход из состояния дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP имеют место, когда за объединенный период в 3 последовательных секунды:

- Для тракта LSP без быстрого обнаружения отказа (то есть не снабженного пакетами подсистемы OAM с пробой FFD) имеется:
 - ≥ 2 , но ≤ 4 пакетов подсистемы OAM с пробой CV, наблюдаемых каждый с ожидаемым идентификатором TTSI; и
 - нет пакетов подсистемы OAM с пробами CV или FFD, наблюдаемых с неожиданным идентификатором TTSI.
- Для тракта LSP с быстрым обнаружением отказа (то есть снабженного пакетами подсистемы OAM с пробой FFD) имеется:
 - скользящее окно в 3х секунд с наблюдаемыми от 2-х до 4-х пакетов подсистемы OAM с пробой FFD с ожидаемым идентификатором TTSI; и
 - нет пакетов подсистемы OAM с пробами CV или FFD, наблюдаемых с неожиданным идентификатором TTSI.

Все последующие действия, инициируемые при входе в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP (то есть передача пакетов подсистемы OAM с индикаторами FDI и BDI, возбуждение местных аварийных сигналов и любое подавление трафика), останавливаются при выходе из состояния дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP.

7 Обработка доступного и недоступного состояний

Основная цель определения согласованных критериев входа/выхода в/из состояния дефекта, как отмечено выше, состоит в том, чтобы значительно упростить:

- обработку состояния дефекта на приеме трассы тракта LSP на ближнем конце/дальнем конце;
- обработку доступного состояния тракта LSP на ближнем конце/дальнем конце;
- место принятия решения, в котором все показатели функционирования сети трафика плоскости пользователя тракта LSP (если имеет место сбор информации) прекращаются/начинаются относительно объединения в долгосрочных регистрах.

Во всех разделах, где приводится описание оценки событий, средства измерения основаны на скользящем окне с 1-секундным (и x секундами для варианта подсистемы OAM с пробой FFD) шагом упреждения. Следует отметить, что дата для начала скользящего окна является произвольной точкой во времени, решение о которой принимается независимо каждым узлом и которая не синхронизирована с событиями поступления пакетов подсистемы OAM по каждому тракту LSP. Это считается приемлемым для более простой обработки в узлах.

Следует отметить, что в данной Рекомендации используется традиционное функциональное отношение независимости между функционированием сети и доступностью, то есть:

- Функционирование сети является однонаправленным показателем, то есть если показатели функционирования сети измеряются, тогда каждое направление измеряется независимо.
- Доступность является двунаправленным показателем в случае двунаправленных трактов LSP в том смысле, что если любое направление входит в недоступное состояние (определено ниже), тогда считается, что оба направления являются недоступными. Если тракты LSP являются однонаправленными, тогда доступность может быть только однонаправленной по смыслу.
- Измерения функционирования сети должны быть приостановлены (что касается объединения в долгосрочные регистры доступного состояния), если тракт LSP входит в недоступное состояние; следует отметить, что это означает выполнение измерений функционирования сети в обоих направлениях согласно определению показателя доступности выше в случае двунаправленных трактов LSP.

Однако следует также отметить, что (как по прагматическим причинам, так и для сохранения их статистической значимости) объединение показателей функционирования сети фактически приостанавливается после обнаружения события краткосрочного останова.

Таймер тракта LSP (T1) определяет время пребывания тракта LSP в состоянии дефекта на ближнем конце до объявления недоступности тракта LSP или возврата в свободное от дефекта состояние. Таймер запускается, когда тракт LSP входит в состояние дефекта на ближнем конце, и останавливается, когда тракт LSP покидает состояние дефекта на ближнем конце или входит в недоступное состояние на ближнем конце. Максимальное значение времени таймера T1 составляет 10 секунд.

Таймер тракта LSP (T2) определяет время пребывания тракта LSP в недоступном состоянии на ближнем конце минус 10 с (измеренные как максимальное значение времени таймера T1). Он запускается, когда тракт LSP входит в недоступное состояние на ближнем конце, и останавливается, когда тракт LSP покидает недоступное состояние на ближнем конце плюс 10 с (период подтверждения для освобождения от дефекта).

Таймер тракта LSP (T3) определяет время пребывания тракта LSP в состоянии дефекта на дальнем конце до объявления недоступности тракта LSP или возврата в свободное от дефекта состояние на дальнем конце. Он запускается, когда тракт LSP покидает состояние дефекта на дальнем конце или входит в недоступное состояние на дальнем конце. Максимальное значение времени таймера T3 составляет 13 секунд.

Таймер тракта LSP (T4) определяет время пребывания тракта LSP в недоступном состоянии на дальнем конце минус 13 с (измеряемые как максимальное значение времени таймера T3). Таймер запускается, когда тракт LSP входит в состояние недоступности на дальнем конце, и останавливается, когда тракт LSP покидает состояние недоступности на дальнем конце плюс 10 с (период подтверждения для свободного от дефекта состояния).

7.1 Короткие остановы

Событие короткого останова – это событие, при котором имеет место выход из любых ранее определенных состояний дефектов до истечения времени таймера недоступности тракта LSP.

Начало короткого останова имеет место в конце 3-секундного периода, при котором имеет место вход в состояние дефекта, а конец короткого останова происходит в конце 3-секундного периода, при котором имеет место выход из состояния дефекта. Короткий останов – это переходное состояние, которое может существовать только тогда, когда тракт LSP находится в доступном состоянии.

7.2 Определение доступного/недоступного состояния

Если время таймера тракта LSP (T1) истекает, тогда тракт LSP входит в недоступное состояние. Считается, что точка начала недоступного состояния совпадает со входом в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP.

Тракт LSP повторно входит в доступное состояние после первого выхода из состояния дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP, и имеется период объединения из 10-ти последовательных секунд, при которых:

- Для тракта LSP без быстрого обнаружения отказа (то есть не снабженного пакетами подсистемы OAM с пробой FFD), имелись:
 - от 9-ти до 11-ти пакетов подсистемы OAM с пробой CV, каждый с ожидаемым идентификатором TTSI, и
 - не было пакетов подсистемы OAM с пробами CV или FFD с неожиданным идентификатором TTSI.
- Для тракта LSP с быстрым обнаружением отказа (то есть снабженного пакетами подсистемы OAM с пробой FFD):
 - имеется скользящее окно в 10х секунд для наблюдения от 9-ти до 11-ти пакетов подсистемы OAM с пробой FFD с ожидаемым идентификатором TTSI, и
 - не было пакетов подсистемы OAM с пробами CV или FFD, наблюдаемых с неожиданным идентификатором TTSI.

Считается, что начальная точка времени доступного состояния совпадает с началом этих 10-ти последовательных секунд.

7.3 Измерения доступности на ближнем конце и на дальнем конце

Все из приведенных выше рассуждений существенно касались только обработки на ближнем конце, когда пункт приема окончания трассы тракта LSP находится в состоянии дефекта на ближнем конце приема трассы тракта LSP, как было сказано ранее. Характер доступности на данном конце может также быть измерен (это полезно, когда для измерений доступен только один конец) путем использования сигнала индикации BDI (когда используются двунаправленные тракты LSP), поскольку это зеркальное отражение продолжительности передачи в восходящем направлении, в течение которой индикатор FDI передается в нисходящем направлении.

Поэтому состояние дефекта на дальнем конце приема трассы тракта LSP определяется как период, в течение которого наблюдаются пакеты подсистемы OAM с индикатором BDI, подчиняющиеся следующим критериям:

- Вход в состояние дефекта на дальнем конце приема трассы тракта LSP имеет место по первому наблюдаемому пакету подсистемы OAM с индикатором BDI.
- Выход из состояния дефекта на дальнем конце приема трассы тракта LSP имеет место после периода из 3-х последовательных секунд, в течение которого не были получены пакеты подсистемы OAM с индикатором BDI.

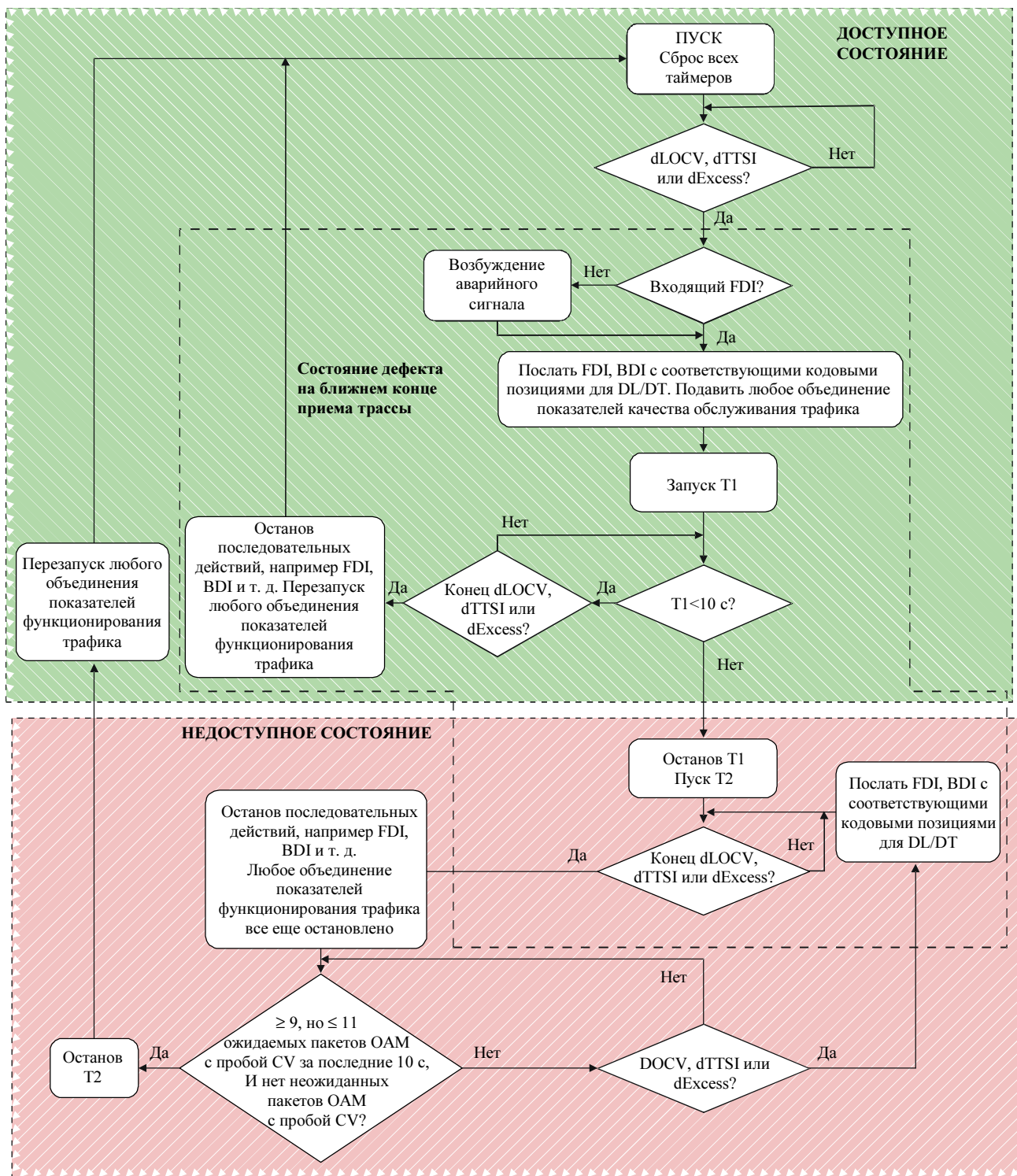
Следует заметить, что эта 3-секундная задержка обработки на выходе должна удовлетворять случаям, при которых, вероятно, теряется один индикатор BDI (например, из-за перегрузки или ошибок). Как будет рассмотрено далее, эффект такой задержки должен удовлетворять конечному автомату обработки на дальнем конце.

Поскольку продолжительность времени состояния на дальнем конце непосредственно связана с состоянием на ближнем конце (хотя и с периодом проверки выхода в +3 с), на одном конце можно измерить как короткие остановки, так и недоступность обоих направлений (в предположении, что используются двунаправленные тракты LSP).

⊗

7.4 Блок-схема обработки состояний на ближнем конце

На рисунке 7 суммируются многие из ключевых моментов, касающихся алгоритма обработки состояний на ближнем конце для данного тракта LSP, имеющего поток проб CV. Обработка состояний на ближнем конце для тракта LSP с потоком проб FFD (вместо потока проб CV) отличается по критериям входа в состояние дефекта, критериям выхода из состояния дефекта и критериям повторного входа в доступное состояние.



Y.1711_F07

Рисунок 7/Y.1711 – Алгоритм обработки состояний на ближнем конце тракта LSP

ПРИМЕЧАНИЕ. – Приведенная выше диаграмма не означает физическую реализацию (ее интерпретацию осуществляет поставщик оборудования), это скорее логический поток обработки и последовательных действий в ключевых пунктах. Кроме того, нельзя в целях ясности привести все детали в такой диаграмме, и требуется обращаться к сопроводительному тексту; например, dTTSI в данной диаграмме означает такие типы дефектов, как dTTSI_Mismatch и dTTSI_Mismerge.

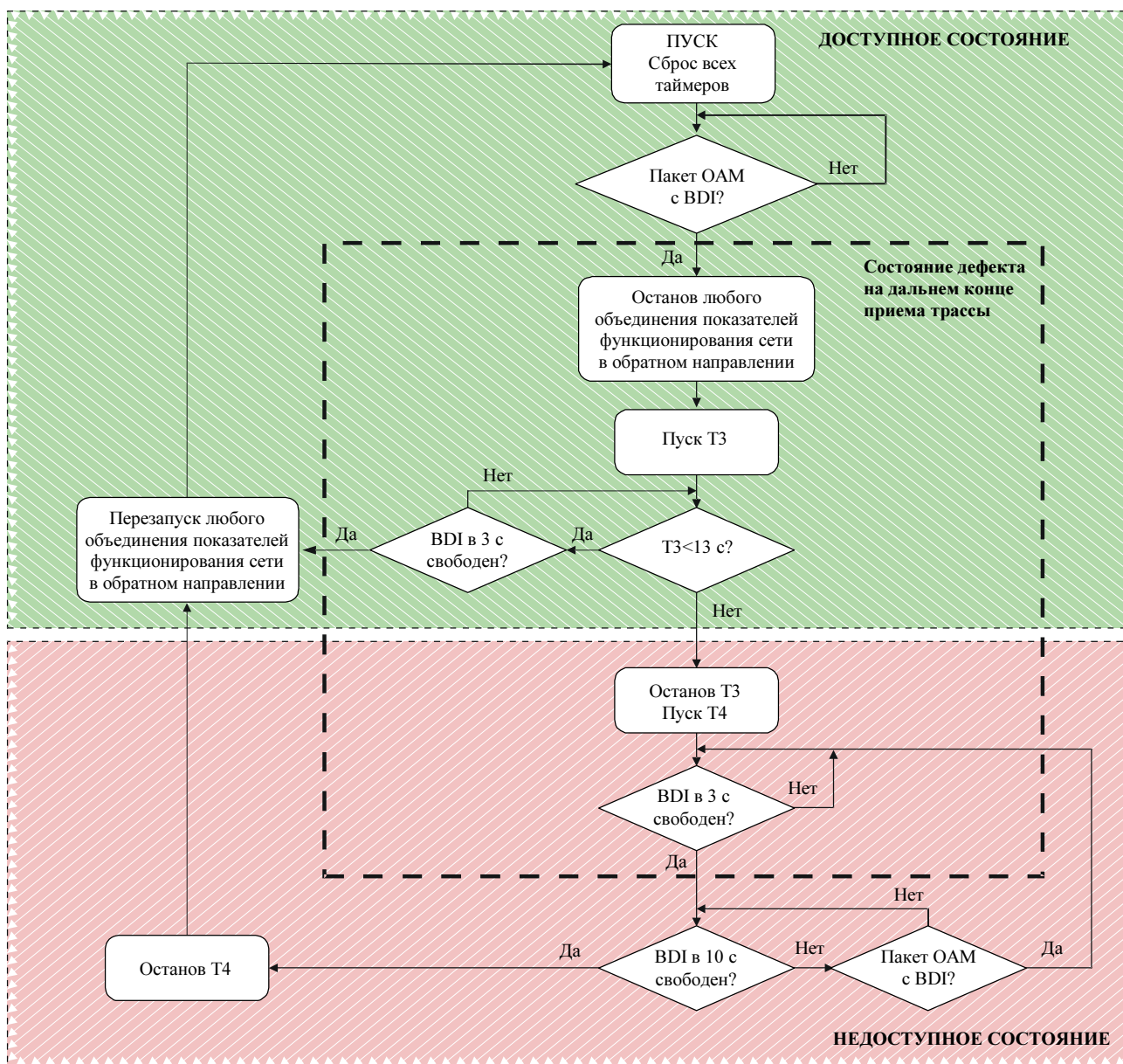
- 1) Допустим, что запуск конечного пункта в доступном состоянии осуществляется в блоке, помеченном как "Пуск". По смыслу все таймеры (показанные ниже) предположительно сбрасываются в этом пункте. Если собираются какие-либо показатели функционирования сети (например, измерения потерь пакетов/октетов из пакета Р-канала подсистемы OAM), тогда предполагается, что в это время этот процесс активен.

- 2) Первым блоком принятия решения является блок "dLOCV, dTTSI или dExcess?". Эти дефекты были определены ранее. Если ни один из этих дефектов не присутствует, это условие остается для проверки, а состояние остается доступным. Однако если присутствует один из этих дефектов, то конечный пункт входит в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы.
- 3) Требуемые затем последующие действия зависят от характера наблюдаемого дефекта и от того, имеется ли какой-либо входящий индикатор FDI от более низкого уровня, и должны соответствовать правилам, приведенным ранее. Но следует отметить, что все показатели функционирования сети, которые собираются, перемещаются в долгосрочные регистры за доступное время. Эти регистры фактически отстают на 3 с, чтобы предусмотреть время обнаружения дефекта (на этой стадии нельзя решить, будет ли событие коротким остановом и, следовательно, тракт LSP будет оставаться в доступном состоянии, или же тракт LSP будет входить в недоступное состояние).
- 4) Таймер T1 запускается. Этот таймер используется для определения продолжительности состояния дефекта на ближнем конце приема трассы, и если это состояние является устойчивым в течение достаточного времени (то есть дальнейших 10 с), тогда этот таймер используется для перехода по блок-схеме в область обработки недоступного состояния.
- 5) Ниже (таймера) T1 имеется цикл, связанный с блоками принятия решения "T1 < 10 с?" и "Конец dLOCV, dTTSI или dExcess?". Из этого цикла можно выйти, если состояние дефекта заканчивается (в соответствии с критериями, приведенными ранее) прежде, чем значение таймера T1 достигнет 10 с. Поскольку конечный пункт все еще находится в доступном состоянии, повторно запускается любое объединение показателей функционирования сети в долгосрочных регистрах (следует отметить, что последние 3 с должны входить в составную часть), генерирование пакетов подсистемы OAM с индикаторами FDI/BDI останавливается, а событие короткого останова в местных регистрах фиксируется. Кроме того, если это событие было вызвано дефектом типа dTTSI, тогда конечный пункт должен также фиксировать идентификатор TTSI тракта LSP с ошибкой и прекращать гашение трафика (если таковой имеется). Отметка времени события должна быть связана с началом дефекта, вызвавшего ее. Если, однако, время таймера T1 достигает 10 с, тогда конечный пункт входит в недоступное состояние. Следует отметить, что нельзя войти в недоступное состояние, пока состояние дефекта на ближнем конце приема трассы не будет устойчивым в течение по меньшей мере 10 с в доступном состоянии.
- 6) Затем событие входа в недоступное состояние с отметкой даты/времени в локальном конечном пункте регистрируется вместе с информацией о характере дефекта, вызвавшего это событие. Следует заметить, что отметки даты/времени должны быть сделаны на 13 с ранее. Дополнительно в систему NMS может быть также послано особое сообщение с отметкой даты/времени входа в недоступное состояние, отмеченной выше, вместе с любой другой существенной информацией о дефекте, вызвавшем это событие; например, в случае дефекта типа dTTSI эта информация должна включать идентификатор TTSI тракта LSP с ошибкой. Затем таймер T1 останавливается, а таймер T2 запускается; его назначение – зафиксировать продолжительность недоступного состояния. Следует отметить, что когда конечный пункт входит в недоступное состояние, он также остается в состоянии дефекта на ближнем конце приема трассы.
- 7) Затем действия переходят к блоку принятия решения "Конец dLOCV, dTTSI или dExcess?", который находится сразу ниже места, где запускается таймер T2, осуществляющий проверку на предмет конца состояния дефекта. Когда дефект заканчивается (в соответствии с ранее приведенными критериями), останавливается генерирование пакетов подсистемы OAM с индикаторами FDI/BDI, а конечный пункт покидает состояние дефекта на ближнем конце приема трассы. Любой сбор показателей функционирования сети все еще запрещен.
- 8) Далее имеет место переход к циклу по принятию решения, состоящему из двух блоков " ≥ 9 , но ≤ 11 ожидаемых пакетов OAM с пробой CV за последние 10 с, И нет неожиданных пакетов OAM с пробой CV" и "dLOCV, dTTSI или dExcess?". Если имеет место дальнейший дефект до того, как будут удовлетворены критерии выхода первого блока принятия решения, конечный пункт повторно входит в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы и, следовательно, перезапускается генерирование пакетов подсистемы OAM с индикаторами FDI/BDI (с кодовыми позициями для DL/DT и другими последующими действиями, относящимися к конкретному наблюдаемому дефекту). Любой сбор показателей функционирования сети продолжает оставаться запрещенным. В этом случае процесс обработки состояний возвращается к пункту 7), выше, и повторно начинается проверка на предмет конца дефекта. Следует заметить, что таймер T2 продолжает работать.

- 9) Чтобы выйти из недоступного состояния, конечный пункт должен сначала выйти из состояния дефекта на ближнем конце приема трассы, как отмечено в пункте 7), выше, а затем удовлетворить критерии блока принятия решения " ≥ 9 , но ≤ 11 ожидаемых пакетов ОАМ с пробой CV за последние 10 с, И нет неожиданных пакетов ОАМ с пробой CV?", как отмечено в пункте 8), выше. Следует отметить, что "последние 10 с" касаются здесь включения 3-секундного интервала, необходимого для проверки на предмет конца состояния дефекта на ближнем конце приема трассы, как отмечено выше, в пункте 7).
- 10) Таймер T2 затем останавливается, а продолжительность события недоступности записывается в местных регистрах. Повторно начинается любой сбор показателей функционирования сети в местных регистрах, а все последующие действия, связанные с недоступным состоянием, прекращаются. Следует отметить, что таймер T2 будет регистрировать продолжительность недоступного состояния, которая на 3 с меньше, чем истинная продолжительность события недоступности. Следует также отметить, что последние 10 с принадлежат доступному состоянию, и, таким образом, при любом объединении показателей функционирования сети необходимо будет учитывать эти 10 с. Факультативно системе NMS может также быть послано особое сообщение, содержащее должным образом скорректированную дату/отметку времени выхода из недоступного состояния, как отмечено выше.
- 11) Затем процесс возвращается к начальному пункту в доступном состоянии.

7.5 Блок-схема обработки состояний на дальнем конце

На рисунке 8 суммируются многие из ключевых моментов, касающихся алгоритма обработки состояний на дальнем конце для данного тракта LSP. Следует отметить, что обработка состояний дефекта на дальнем конце, а также недоступных состояний остается одной и той же для тракта LSP, снабженного пробами CV или FFD.



Y.1711_F08

Рисунок 8/Y.1711 – Алгоритм обработки состояний на дальнем конце тракта LSP

ПРИМЕЧАНИЕ. – Данная диаграмма не означает физическую реализацию (ее интерпретацию осуществляет поставщик оборудования), это скорее логический поток обработки и последовательных действий в ключевых пунктах. Кроме того, нельзя в целях ясности привести все детали в такой диаграмме, и требуется обращаться к сопроводительному тексту.

- 1) Допустим, что запуск конечного пункта в доступном состоянии осуществляется в блоке, помеченном как "Пуск". По смыслу все таймеры, показанные ниже на блок-схеме, предположительно сбрасываются в этом пункте. Если активизировано какое-либо объединение показателей функционирования сети в обратном направлении в тракте LSP обратного направления, тогда это будет осуществляться через отдельный поток пакетов OAM P-канала в обратном тракте LSP.
- 2) Первым блоком принятия решения является блок "Пакет OAM с BDI?". Если ответом является "Нет", то цикл проверки повторяется, и сохраняется доступное состояние. Если ответом является "Да", тогда это означает, что обработка на ближнем конце на другом конце (исходящего) тракта LSP вошла в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы. Следует отметить, что это также означает, что дефект уже существовал в течение 3 с на другом конце этого тракта LSP.

- 3) Конечный пункт затем входит в состояние дефекта на дальнем конце приема трассы, и любое объединение показателей функционирования сети в обратном направлении запрещается. Регистры функционирования сети не нужно будет корректировать в течение предшествующих 3 с, которые не должны посылаться в долгосрочные счетчики доступного состояния.
- 4) Затем запускается таймер T3, и он работает в цикле, образуемом блоками принятия решения "T3 < 13 с?" и "BDI в 3 с свободен?". Таймер T3 используется для проверки продолжительности состояния дефекта на дальнем конце приема трассы. Если время таймера T3 не достигает 13 с и конечный пункт получает время в 3 с, когда индикатор BDI свободен, тогда перезапускается любое объединение измерений функционирования сети. Следует отметить, что последние 6 с должны приходиться на все регистры объединения показателей функционирования сети в обратном направлении. Это происходит потому, что обработка на ближнем конце потребует времени в 3 с для объявления окончания состояния дефекта на другом конце (исходящего) тракта LSP, а остальные 3 с – для объявления окончания состояния дефекта на дальнем конце приема трассы на данном конце (обратного) тракта LSP, и все это время должно быть отнесено к доступному состоянию на этом конце тракта LSP, чтобы гарантировать безошибочное объединение показателей функционирования сети. Событие короткого останова с отмеченными датой/временем должно также быть зарегистрировано в местных регистрах вместе с информацией о DL/DT для дефекта, приведенной в пакете подсистемы OAM с индикатором BDI. Это событие короткого останова должно быть отмечено по дате/времени относительно 3 с до того времени, когда имело место наблюдение первого пакета подсистемы OAM с индикатором BDI. Конечный пункт возвращается в начальное состояние запуска. Если, однако, таймер T3 достигает 13 с, конечный пункт входит в недоступное состояние на дальнем конце. Следует отметить, что нельзя войти в недоступное состояние, пока состояние дефекта на дальнем конце приема трассы не будет устойчивым по меньшей мере в течение 13 с (что означает, что на другом конце (исходящего) тракта LSP состояние дефекта на ближнем конце приема трассы было устойчивым как минимум 10 с) доступного времени.
- 5) Факультативно затем в систему NMS может быть послано особое сообщение о входе в состояние недоступности с отметкой даты/времени, которое содержит соответствующую информацию о DL/DT пакета подсистемы OAM с индикатором BDI. Следует отметить, что отметка даты/времени любого такого особого сообщения должна быть сделана с упреждением в 16 с (то есть за 3 с до первого наблюдаемого пакета подсистемы OAM с индикатором BDI по данному событию) для согласования обработки на дальнем конце с обработкой на ближнем конце на другом конце. Таймер T3 затем останавливается, и запускается таймер T4, назначение которого – регистрация продолжительности данного события недоступности. Следует отметить, что когда конечный пункт входит в недоступное состояние, он также остается в состоянии дефекта на дальнем конце приема трассы.
- 6) Далее процесс обработки проходит цикл по проверке на предмет свободного состояния индикатора BDI в течение 3 с. Это используется для того, чтобы вывести конечный пункт из состояния дефекта на дальнем конце приема трассы. Следует отметить, что это не носит строго обязательного характера, и это условие проверки может быть опущено, а может быть только показано следующее условие, осуществляющее проверку на предмет непрерывности (то есть всех) 10 с поведения индикатора BDI в свободном состоянии. Однако подобно этому было показано согласование "вида" обработки состояния дефекта на приеме трассы на ближнем конце и на дальнем конце.
- 7) Если конечный пункт наблюдает в течение 3 с свободное состояние индикатора BDI, тогда он выходит из состояния дефекта на дальнем конце приема трассы, и выполняется цикл по проверке того, имел ли конечный пункт весь непрерывный период в 10 с, при которых индикатор BDI был в свободном состоянии. Если за весь период проверки в 10 с появляются какие-либо еще пакеты подсистемы OAM с индикатором BDI, конечный пункт тогда повторно входит в состояние дефекта на дальнем конце приема трассы, а процесс необходимо повторить, начиная с шага 6), выше. Если, однако, за 10-секундный период проверки новые пакеты подсистемы OAM с индикатором BDI не появились, он выходит из недоступного состояния на дальнем конце.
- 8) Таймер T4 останавливается, и регистрируется продолжительность события недоступности. Таймер T4 будет регистрировать время, которое на 3 с меньше времени истинной недоступности. Событие выхода из состояния недоступности с отмеченными датой/временем с упреждением в 13 с вместе с продолжительностью недоступности затем должны быть записаны в местных регистрах. Факультативно эта информация может также быть послана в систему NMS как особое сообщение.
- 9) Затем может быть произведен перезапуск любого объединения показателей функционирования сети в обратном направлении с учетом того, что последние 13 с принадлежат доступному времени, и, таким образом, регистры сбора показателей должны быть скорректированы соответствующим образом.

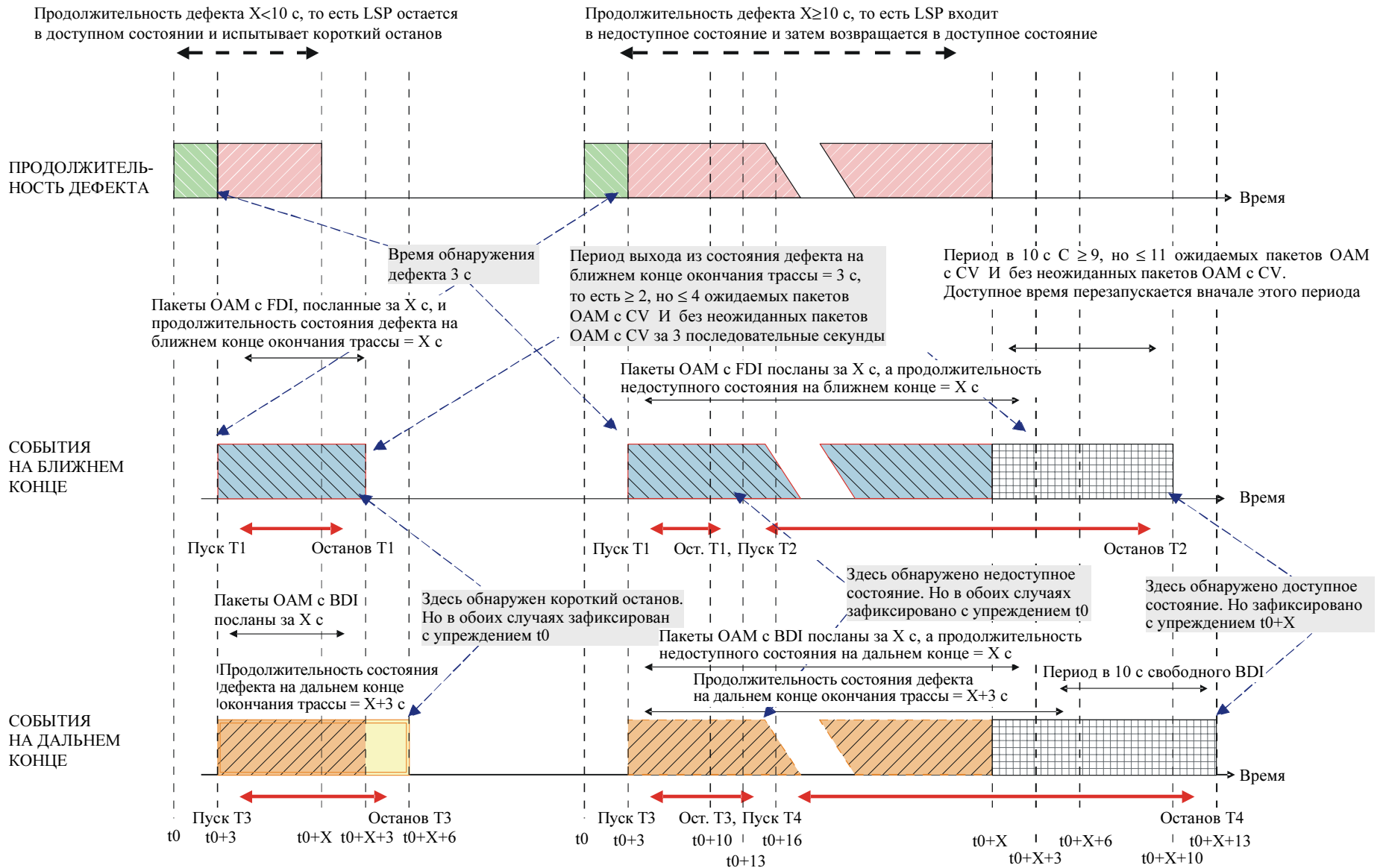
7.6 Наглядное представление обработки состояний на ближнем конце и дальнем конце для короткого останова и события недоступности

Рисунок 9 приводится для того, чтобы помочь уточнить временные взаимосвязи между обработкой состояний на ближнем конце и дальнем конце, показанной в приведенных ранее блок-схемах для события короткого останова и события недоступности.

8 Вопросы безопасности

В данной Рекомендации не поднимаются все вопросы безопасности, которые еще не содержатся ни в архитектуре MPLS, ни в архитектуре ее протоколов уровня клиента.

Функции подсистемы ОАМ могут усилить безопасность сетей MPLS. Например, функции проверки связности (CV), определяемые в данной Рекомендации, могут обнаружить ошибочные соединения и поэтому могут не допустить передачу трафика одним пользователям, предназначенного для других пользователей.



Y.1711_F09

Рисунок 9/Y.1711 – Обработка во времени события короткого останова и события недоступности на ближнем конце и дальнем конце

Добавление I

Обработка источника и приема CV

Генерирование источника CV и обработка приема CV должны рассматриваться как независимые функции. Такая функциональная развязка предоставляет операторам гибкость по использованию разной степени текущего контроля для каждого тракта LSP, например, между теми трактами LSP, которые считаются "важными", и такими, которые считаются "менее важными".

Генерирование CV является относительно простой функцией (поскольку она никогда не меняется) и намного более простой, чем обработка приема CV. Следовательно, генерирование CV может быть возможным во всех (или большинстве) трактов LSP, а обработка приема может быть разложена на несколько "порядковых классов" по каждому тракту LSP, таких как:

- 1) Обработка CV отсутствует. Следовательно, нет обработки дефектов, измерений доступности и измерений функционирования сети.
- 2) Простая проверка поступлений CV без проверки идентификатора TTSI (хотя предполагается, что TTSI все еще генерируется). Это не может обеспечить абсолютно надежной проверки связности, поскольку она не может обнаружить определенных дефектов, например d-Mismerge/d-Mismatch.
- 3) Только очень простая проверка поступления пакетов CV с неожиданным идентификатором TTSI. Она могла бы быть использована в менее важных трактах LSP как простой метод обнаружения утечки трафика важных трактов LSP (в менее важный тракт LSP). Однако не могут быть организованы другая обработка дефектов (например, dLOCV) и измерения доступности.
- 4) Полная обработка дефектов, но без измерений доступности. Следует отметить, что если не выполняются измерения доступности, тогда измерения показателей функционирования сети также абсолютно невозможны (поскольку они должны относиться только к тому моменту, когда тракт LSP находится в доступном состоянии).
- 5) Полная обработка дефектов и измерения доступности (это тогда также позволит выполнить измерения показателей функционирования сети).

Добавление II

Индексация конечного автомата доступности (ASM) для тракта LSP

Согласно данной Рекомендации каждому тракту LSP требуется конечный автомат в его оконечных маршрутизаторах LSR (как во входных, так и в выходных). Эти конечные автоматы требуют индексации на основе информации, содержащейся во входящих пакетах подсистемы OAM. Для индексации конечного автомата доступности (ASM) тракта LSP в оконечных маршрутизаторах LSR могут быть использованы два следующих метода:

- метка;
- идентификатор TTSI.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки.

Метка

Метка пользователя, с которой начинается метка подсистемы OAM, могла бы быть использована как индекс для ASM. Это простейший индекс, который мог бы быть использован, и он имеет преимущество в том, что является относительно малым числом (20 битов). Однако если метка пользователя используется как индекс, тогда mр2р, РНР, внеполосные обратные тракты и совместно используемые обратные тракты LSP не могут быть поддержаны. Причина состоит в том, что в случае протокола mр2р слияние трактов LSP будет рассматриваться как дефект dExcess; в случае РНР метка пользователя не существует, когда пакет поступает в выходной маршрутизатор LSR; в случае внеполосного обратного тракта метка пользователя не существует, а в случае совместно

используемого обратного тракта LSP метка пользователя обратного тракта не может однозначно определять прямой тракт LSP. Итак, определенные типы дефектов неправильного слияния, такие как утечка трафика от одного LSP к другому LSP, который заканчивается в одном и том же интерфейсе, не может быть обнаружена.

TTSI

Идентификатор TTSI, включенный в пакет подсистемы OAM, мог бы быть использован как индекс для ASM. Хотя он не такой простой, как используемая в качестве индекса метка пользователя, этот метод имеет преимущества в том, что он поддерживает mр2р, PHP, внеполосный обратный тракт и совместно используемые тракты LSP. Причина состоит в том, что в случае трактов LSP с протоколом mр2р каждый тракт LSP будет иметь свой собственный идентификатор TTSI, и поэтому тракты LSP с протоколом mр2р интерпретируются с точки зрения подсистемы OAM коммутации MPLS как ряд трактов LSP с протоколом r2р; в случае PHP идентификатор TTSI не устраняется в предпоследнем узле; в случае внеполосного обратного тракта идентификатор TTSI продолжает существовать в пакете подсистемы OAM, а в случае совместно используемых обратных трактов LSP идентификатор TTSI может однозначно определять тракт LSP, к которому принадлежит пакет подсистемы OAM. Однако идентификатор TTSI занимает 20 байтов, что требует до его использования в качестве индекса компрессии/хеширования.

Когда иерархия множества трактов LSP с PHP заканчивается в общем маршрутизаторе LSR (множество меток, "вытолкнутых" из стека меток в восходящем направлении передачи входящего маршрутизатора LSR), существует некоторая неопределенность в том, что в одновременном окончании множества уровней теряется источник обмена сообщениями подсистемы OAM. Это не влияет на обработку CV, если идентификатор TTSI используется как механизм связи состояний, однако блоки PDU с индикатором FDI должны безоговорочно отбрасываться.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Когда используется адрес по протоколу IPv4, значение идентификатора TTSI фактически составляет 8 байтов.

Выбор между этими двумя индексами зависит от типа тракта LSP, мощности обработки, использования PHP и типа обратного тракта. Для явным образом маршрутизируемых трактов LSP с протоколами r2р, без PHP, индексация по метке может оказаться достаточной. Однако в случае трактов LSP с протоколом mр2р (с или без PHP) или трактов LSP с протоколом r2рs и PHP индексация по идентификатору TTSI оказывается более подходящей.

Добавление III

Различные возможные сценарии дефектов при использовании подсистемы OAM с пробями FFD

Определенные тракты LSP, где желательно быстрое обнаружение отказа, будут снабжены пакетами подсистемы OAM с пробями FFD. Следует отметить, что скорость ввода таких пакетов будет выше (быстрее), чем пакетов подсистемы OAM с пробями CV (влияние более низких скоростей на критерии выхода из состояний дефекта подлежит дальнейшему изучению). Это означает, что если x – это интервал ввода для пакетов подсистемы OAM с пробой FFD, тогда x меньше 1 с. Следует отметить, что 1 с – это интервал ввода для пакетов подсистемы OAM с пробой CV. Следует отметить, что скорость ввода (или интервал ввода) во всех трактах LSP, требующих быстрого обнаружения отказа в сети, одна и та же.

При данных предположениях возможны следующие сценарии с отказами:

i) Нарушена связность тракта LSP, сопровождаемого подсистемой OAM с пробой FFD

В этом случае за $3x$ -секундный период не наблюдается пакетов подсистемы OAM с пробой FFD, где x – интервал ввода для таких пакетов. Это будет приводить к состоянию отказа сигнала, и тракт LSP будет входить в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы путем объявления состояния дефекта dLOCV.

ii) Тракт LSP, сопровождаемый подсистемой OAM с пробой FFD (например, тракт LSP-1), становится ошибочно конфигурированным с другим трактом LSP (например, трактом LSP-2)

Здесь имеются два случая:

- 1) Тракт LSP-2 также сконфигурирован с подсистемой OAM с пробой FFD; и
- 2) Тракт LSP-2 не сконфигурирован с подсистемой OAM с пробой FFD.

В первом случае в трактах LSP-1 и LSP-2 не будут наблюдаться никакие пакеты с правильным идентификатором TTSI в их соответствующих интервалах 3x. Однако в них будет наблюдаться по меньшей мере один пакет подсистемы OAM с пробой FFD, поступивший от другого тракта LSP, который имеет ошибочный идентификатор TTSI во время их соответствующих интервалов 3x. Это будет приводить к состоянию дефекта dTTSI_Mismatch в каждом тракте LSP. По объявлении состояния дефекта dTTSI_Mismatch каждый тракт LSP будет входить в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы.

Во втором случае в тракте LSP-1 не будут наблюдаться никакие пакеты подсистемы OAM с пробой FFD за интервал 3x. Однако в течение этого интервала в тракте LSP-1 может или не может наблюдаться какой-либо пакет подсистемы OAM с пробой CV из тракта LSP-2. На основе этого тракт LSP-1 объявит либо дефект dLOCV (если он не получил какой-либо пакет подсистемы OAM с пробой CV от тракта LSP-2 в течение интервала 3x) или дефект dTTSI_Mismatch (если он получил пакет подсистемы OAM с пробой FFD (CV) от тракта LSP-2 в течение интервала 3x). Таким образом, тракт LSP-1 войдет в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы, объявив состояние дефекта либо dLOCV, либо dTTSI_Mismatch.

Во втором случае в тракте LSP-2 не будет наблюдаться никакой из его пакетов подсистемы OAM с пробой CV в течение любого 3-секундного интервала, пока дефект является устойчивым. Однако в LSP-2 будет наблюдаться по меньшей мере один пакет подсистемы OAM с пробой FFD с ошибочным идентификатором TTSI. Поэтому тракт LSP-2 войдет в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы путем объявления состояния дефекта dTTSI_Mismatch.

iii) Тракт LSP, сопровождаемый подсистемой OAM с пробой FFD (например, тракт LSP-1) с неправильным переходом в другой тракт LSP-2

В простейшем случае неправильного перехода пакеты подсистемы OAM с пробой FFD, полученные из тракта LSP-1, передаются в тракт LSP-2 (без какого-либо непреднамеренного дублирования); тогда в тракте LSP-1 в течение интервала 3x не будут наблюдаться никакие пакеты подсистемы OAM с пробой FFD. Это приведет к состоянию отказа сигнала, а тракт LSP-1 войдет в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы в результате объявления состояния дефекта dLOCV. Следует отметить, что возможен случай, что в тракте LSP-1 будут наблюдаться собственные пакеты этого тракта (таким образом, никакой дефект наблюдаться не будет), но в тракте LSP-2 будут наблюдаться пакеты из тракта LSP-1 из-за непреднамеренного дублирования в сети.

Для тракта LSP-2 могут быть два случая:

- 1) Тракт LSP-2 также конфигурируется с пакетами подсистемы OAM с пробой FFD; и
- 2) Тракт LSP-2 не конфигурируется с пакетами подсистемы OAM с пробой FFD.

В первом случае в тракте LSP-2 будут наблюдаться пакеты подсистемы OAM с пробой FFD и правильный и неправильный идентификатор TTSI в 3x-секундный интервал. Это приведет к тому, что тракт LSP-2 может обнаружить неправильный переход и войдет в состояние дефекта путем объявления состояния дефекта dTTSI_Mismerge.

Во втором случае в тракте LSP-2 будет наблюдаться в течение 3-секундного интервала прием пакетов подсистемы OAM с пробой CV и с правильным идентификатором TTSI, а также пакетов подсистемы OAM с пробой FFD с ошибочным идентификатором TTSI. Это также даст возможность тракту LSP-2 обнаружить неправильный переход и войти в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы путем объявления состояния дефекта dTTSI_Mismerge.

iv) Тракт LSP без быстрого обнаружения отказа (например, тракт LSP-2) с неправильным переходом в тракт LSP с подсистемой OAM с пробой FFD (например, тракт LSP-1)

В тракте LSP-1 наряду с его пакетами подсистемы OAM с пробой FFD будет наблюдаться пакет подсистемы OAM с пробой CV от тракта LSP-2. (Следует отметить, что пакет подсистемы OAM с пробой CV будет наблюдаться, но может и не показаться в пределах 3x-секундного интервала после выполнения неправильного перехода). Это даст возможность тракту LSP-1 обнаружить неправильный переход и войти в состояние дефекта на ближнем конце приема трассы путем объявления состояния дефекта dTTSI_Mismerge.

ЛИТЕРАТУРА

ALLAN *et al*: Framework for MPLS user-plane OAM, *draft-allan-mpls-oam-frwk-02.txt*, April 2002.

NADEAU THOMAS *et al*: OAM Requirements for MPLS Networks, *draft-ietf-mpls-oam-requirements-01.txt*, June 2003.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия В	Средства выражения: определения, символы, классификация
Серия С	Общая статистика электросвязи
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	TMN и техническое обслуживание сетей: международные системы передачи, телефонные, телеграфные, факсимильные и арендованные каналы
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 и взаимосвязь открытых систем
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола (IP) и сети следующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи