

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

Y.1713

(03/2004)

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

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

Обнаружение ошибочных ветвлений в сетях MPLS

Рекомендация МСЭ-Т Y.1713

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 ресурсом	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 служб: Возможности служб и архитектура служб	Y.2200–Y.2249
Аспекты служб: 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.1713

Обнаружение ошибочных ветвлений в сетях MPLS

Резюме

Настоящая Рекомендация в дополнение к Рекомендации МСЭ-Т Y.1711, обеспечивает механизмы для реализации функциональных возможностей ОАМ (эксплуатация и техническое обслуживание) плоскости пользователя в сетях MPLS в соответствии с требованиями и принципами, приведенными в Рекомендации МСЭ-Т Y.1710. Текущая версия данной Рекомендации предназначена главным образом для поддержки LSP "точка-точка" и "много точек-точка" независимо от метода установления.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т Y.1713 утверждена 15 марта 2004 года 13-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2001–2004 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т A.8.

Ключевые слова

Неисправность, повреждение MPLS, ОАМ.

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
3 Литература	1
4 Определения	2
5 Сокращения	3
6 Применимость и обзор функциональных возможностей	3
7 Распознавание пакетов OAM в нормальном трафике плоскости пользователя	4
8 Полезная нагрузка OAM.....	4
9 Обработка пакетов OAM, содержащих ошибки	4
10 Подтверждение возможности установления соединения FEC	4
11 Кодовые точки типов повреждений	5
12 Обработка источника и приемника CV и FEC-CV	5
13 Обработка FEC-CV в промежуточных LSR	6
14 Общие правила кодирования	6
15 Выходная обработка	8
16 Правила кодирования и обработки для LSP по RFC 3036 (LDP)	10
17 Правила кодирования и обработки для LSP (RSVP-TE) по RFC 3209	11
18 Правила кодирования и обработки для LSP (CR-LDP) по RFC 3212	12
19 Определение полинома.....	12
20 Критерий перехода в/выхода из состояния повреждения и последующие действия	13
21 Аспекты безопасности.....	14
Добавление I – Правила кодирования и обработки для LSP (BGP/VPN) по RFC 2547.....	15
I.1 Сценарий 1: LSP с совокупной меткой	15
I.2 Сценарий 2: LSP с несовокупной меткой	15
Добавление II – Использование FEC-CV для проверки возможности установления соединения и измерения готовности маршрута.....	16
Добавление III – Установка T^{FEC-CV}	17
Добавление IV – Проблемы с ECMP	18
Добавление V – Проблемы с RHP	21

Обнаружение ошибочных ветвлений в сетях MPLS

1 Область применения

Данная Рекомендация обеспечивает механизмы для реализации функциональных возможностей ОАМ (Эксплуатация и техническое обслуживание) плоскости пользователя в сетях MPLS в соответствии с требованиями и принципами, приведенными в Рекомендации МСЭ-Т Y.1710. Текущая версия данной Рекомендации предназначена главным образом для поддержки LSP "точка-точка" и "много точек-точка" независимо от метода установления.

Механизмом обнаружения используется дополнительный пакет ОАМ (известный как FEC-CV), в котором используются соглашения протокола, общие с Рекомендацией МСЭ-Т Y.1711 (использование метки предупреждения ОАМ, PDU, назначаемые Рекомендацией МСЭ-Т Y.1711, и кодовые точки). Принципы использования и применимость рассмотрены в разделе 6.

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.

- [1] ITU-T Recommendation Y.1711 (2004), *Operation & Maintenance mechanism for MPLS networks*.
- [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] Рекомендация МСЭ-Т Y.1710 (2002), *Требования к функциям общей эксплуатации и технического обслуживания для MPLS-сетей*.
- [5] IETF RFC 3036 (2001), *LDP Specification. Category: Standards Track*.
- [6] IETF RFC 3209 (2001), *RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels. Category: Standards Track*.
- [7] IETF RFC 3212 (2002), *Constraint-Based LSP Setup using LDP. Category: Standards Track*.
- [8] IETF RFC 3429 (2002), *Assignment of the 'OAM Alert Label' for Multiprotocol Label Switching Architecture (MPLS) Operation and Maintenance (OAM) Functions. Category: Informational*.

3 Литература

- [9] IETF RFC 2547 (1999), *BGP/MPLS VPNs. Category: Informational*.

4 Определения

В данной Рекомендации введены некоторые термины, которые требуются для обсуждения функциональных сетевых компонентов, связанных с OAM. Эти определения согласуются с терминологией G.805.

4.1 обратное направление: Обратное направление является противоположным прямому направлению.

4.2 клиент/сервер (взаимосвязь между уровнями сетями): [2] Термин, относящийся к прозрачному транспортированию соединения звена уровня клиента (т. е. более высокого) сетевой трассой уровня сервера (т.е. более низкого).

4.3 повреждение: [3] Прерывание способности транспортного объекта (например, сетевого соединения) переносить информацию OAM. В данной Рекомендации определены 2 типа повреждений и эталонных повреждений, определенных в Рекомендации МСЭ-Т Y.1711 (подробные спецификации приведены далее):

dLOCV: Повреждение "пропадание подтверждения способности к соединению"

dExcess: Прием избыточной скорости CV

dServer: Повреждение уровня сервера

Любое повреждение уровня сервера, исходящее от технологии уровня не-MPLS, находящегося ниже самой нижней сети уровня MPLS

dFECfilter_Mismatch: Повреждение "ошибка согласования фильтров FEC"

dFECfilter_Mismerge: Повреждение "ошибка объединения фильтров FEC"

dTSSI_Mismatch: Повреждение "ошибка согласования идентификаторов источника окончания трассы"

dTTSI_Mismerge: Повреждение "ошибка объединения идентификаторов источника окончания трассы"

dUnknown: Неизвестное повреждение в сети MPLS

dPeerME: Точно не определенная неисправность технического обслуживания равноправного объекта.

4.4 неисправность: [3] Прекращение способности транспортного объекта переносить информацию пользователя или OAM. Неисправность может быть вызвана постоянным повреждением.

4.5 прямое направление: Прямое направление – это направление, в котором идет поток пакетов трафика и CV OAM в LSP.

4.6 канальное соединение: Часть трассы уровня N, которая существует между двумя логически соседними точками коммутации внутри сети уровня N.

4.7 подсеть: [2] Подсеть – непрерывная топологическая область сети, ограниченная своим набором периферийных точек доступа и характеризуемая возможной маршрутизацией через подсеть между этими точками доступа. Сеть – это самая большая подсеть, а узел – самая малая подсеть (по меньшей мере, в практических физических терминах, хотя внутри узлов имеются меньшие подсети).

4.8 трасса: [2] Общий транспортный объект на уровне N, который состоит из поля полезной нагрузки (которое может переносить пакет от объекта трассы уровня выше N-1 клиента) со специфическим заголовком, добавляемым для обеспечения целостности переадресации транспортного объекта трассы на уровне N.

4.9 точка окончания трассы: [2] Точка источника или приемника трассы на уровне N, в которой заголовок трассы, соответственно, добавляется или удаляется. Точка окончания трассы должна иметь уникальные средства идентификации внутри уровневой сети.

4.10 плоскость пользователя: Относится к набору компонентов для передачи трафика, через которые проходит трафик. Пакеты OAM CV или OAM FEC-CV периодически вставляются в этот поток трафика для контроля исправности этих компонентов для передачи. Плоскость пользователя иногда называют также плоскостью данных (особенно в IETF). Отметим, что для протоколов плоскости управления (например, для сигнализации и маршрутизации) и для протоколов плоскости администрирования требуется собственная плоскость пользователя, и их плоскость пользователя может быть или может не быть совпадающей (с переменной степенью) с переносящей трафик плоскостью пользователя.

5 Сокращения

В данной Рекомендации используются следующие сокращения:

BDI	Индикатор повреждения в обратном направлении
BIP	Четность с чередованием по битам
CR-LDP	Основанная на ограничении маршрутизация с использованием протокола распространения меток
CV	Подтверждение возможности установления соединения
CV Packet	Пакет "подтверждение возможности установления соединения"
DL	Местонахождение повреждения
DoS	Отказ в обслуживании
DT	Тип повреждения
ECMP	Мультитракт с каналами равной стоимости
FDI	Индикатор повреждения в прямом направлении
FEC	Класс эквивалентности по переадресации
FFD	Быстрое обнаружение неисправности
LSP	Тракт с коммутацией по меткам
LSR	Маршрутизатор с коммутацией по меткам
MPLS	Многопротокольная коммутация по меткам
NMS	Система управления сетью
OAM	Эксплуатация и техническое обслуживание
PHP	"Выталкивание" на предпоследнем транзитном участке
RSVP	Протокол резервирования ресурсов
TTL	Срок существования
TTSI	Идентификатор источника окончания трассы

6 Применимость и обзор функциональных возможностей

В дополнение к потенциальным проблемам ошибочной пересылки трафика внутри определенного уровня MPLS MPLS обеспечивает возможность определения произвольной иерархии, но без обязательного обеспечения механизмов синхронизации для гарантирования выполнения всех иерархических зависимостей до введения трафика в LSP. Общим примером могло бы служить наложение сети LDP [5], в которой используется режим независимого распространения меток. В независимом режиме LSR, находящийся в центре сети, может извещать о привязке метки для FEC немедленно после изучения FEC посредством каких-либо средств (в типовом варианте с помощью извещения IGP), и это может выполняться до того, как установлена устойчивая привязка метки входящего потока или до достижения надлежащего конфигурирования LDP во всех каналах, которые, как ожидается, будут проходить через LSP. Это означает, что не обязательно существует возможность установления соединения MPLS с выходом сети для FEC, приложения которого могут зависеть от уровня MPLS. В результате метка LDP вводится в центр сети, а осуществляющий это LSR может попытаться переслать метку приложения. Эта ситуация может быть переходной, но она указывает на типы проблем, которые могут возникнуть.

Поэтому для возможности повсеместного обнаружения проблем в сети требуется способность обнаруживать ошибочное ветвление независимо от конкретного приложения. В настоящее время PDU CV Y.1711 [1] позволяет делать это для LSP p2p, где известен конкретный вход, а PDU FEC-CV позволяет делать это для LSP p2p и mp2p, где набор входов не обязательно известен.

В итоге поток FEC-CV генерируется в выходном LSR неконтролируемого LSP с номинальной частотой 1 каждые $T^{\text{FEC-CV}}$ секунд (где $T^{\text{FEC-CV}}$ – значение, устанавливаемое в рамках подсети). PDU FEC-CV содержит уникальный для сети идентификатор точки доступа (TTSI), который определяет точку введения PDU и общую кодировку с фиксированной длиной функции LSP, известную как фильтр FEC. Это позволяет проверить на выходе LSP правильность пересылки (отсутствие ошибочных направлений) входными точками LSP в соответствии с функцией LSP. Это распространяет обнаружение ошибочных ветвлений/ошибочных объединений Y.1711 на:

- i) LSP MPLS, в которых в качестве функции плоскости управления не выполняется жесткая привязки точек доступа к выходам LSP; и
- ii) неконтролируемые LSP, в которых на выходе отсутствуют сведения об входной точке доступа TTSI.

Общепринята привязка одиночных элементов FEC к нескольким LSP; однако PDU FEC-CV поддерживает несколько элементов FEC для тех операторов, которые выбрали использование нескольких элементов FEC на LSP. При кодировании с фиксированной длиной имеются практические границы для количества элементов FEC, которые могут быть закодированы в одиночной пробе (которая охарактеризована в разделах этой Рекомендации, посвященных правилам кодирования и обработки). Предполагается, что LSR, предоставляющий несколько FEC на привязки метки, использует несколько меток, когда требуется предоставлять больше FEC, чем можно успешно закодировать в одном PDU FEC-CV.

7 Распознавание пакетов OAM в нормальном трафике плоскости пользователя

В данной Рекомендации используется глобально зарезервированное значение метки, называемой в документе как "Метка предупреждения OAM", определенная в [8] и в Рекомендации МСЭ-Т Y.1711 [1].

8 Полезная нагрузка OAM

Полезная нагрузка OAM соответствует Рекомендации МСЭ-Т Y.1711.

9 Обработка пакетов OAM, содержащих ошибки

Обработка пакетов OAM, содержащих ошибки, производится как в Рекомендации МСЭ-Т Y.1711.

10 Подтверждение возможности установления соединения FEC

Функция "подтверждение возможности установления соединения FEC" (FEC-CV) может использоваться вместо CV, когда требуется дополнительная или альтернативная способность обнаружения повреждения, в частности, при проблемах обнаружения во входной FTN или при проблемах с другой объединенной информацией о конфигурации, относящейся к LSP. В этом отношении FEC-CV может использоваться в LSP исключительно для цели проблем обнаружения FTN/конфигурации или может использоваться в комбинации с другими функциями обработки приемника для добавления повреждений FTN и/или конфигурации к набору повреждений, в отношении которых осуществляется контроль.

FEC-CV и CV не могут использоваться попеременно, выход LSP конфигурируется для использования либо одной, либо другой функции, но не обеих. Выход LSP трактует прием неожиданного типа функции как повреждение dTTSI/FEC_Mismerge или dTTSI/FEC_Mismatch в зависимости от функции обработки ближнего конца.

Структура полезной нагрузки FEC-CV аналогична структуре полезной нагрузки CV с включением фильтра Bloom, обозначаемого "Фильтр FEC". Фильтр FEC является неструктурированным массивом октетов.

Тип функции (шестнадцатеричные 08)	Зарезервировано (все шестнадцатеричные 00)	Идентификатор источника окончания трассы LSP (TTSI), 16 октетов, v6, LSN ID + 4 октета идентификатора туннеля LSP	Фильтр FEC	Заполнение (все шестнадцатеричные 00)	BIP-16
1 октет	3 октета	20 октетов	16 октетов	2 октета	2 октета

Рисунок 1/Y.1713 – Структура полезной нагрузки FEC-CV

Пробы FEC-CV вводятся в LSP на конфигурируемой скорости ($T^{\text{FEC-CV}}$). Реализации должны, как минимум, поддерживать диапазон скоростей введения от одного в секунду до одного в минуту и иметь возможность разрешать более длительные интервалы введения.

11 Кодовые точки типов повреждений

Тип повреждения	Код DT (шестнадцатеричный)	Значение
dFECfilter_Mismatch	02 05	dFECfilter_Mismatch возникает из-за наблюдения неожиданного фильтра FEC во входящих пакетах OAM FEC-CV ИЛИ из-за неожиданного пакета CV Y.1711 или OAM FFD. Отметим, что dFECfilter_Mismatch имеет приоритет по отношению к состоянию повреждения dLOCV, которое также присутствует.
dFECfilter_Mismerge	02 06	dFECfilter_Mismerge возникает из-за наблюдения как неожиданного, так и ожидаемого фильтра FEC во входящем пакете OAM FEC-CV ИЛИ из-за неожиданного пакета CV Y.1711 или OAM FFD, принятого с ожидаемым пакетом OAM FEC-CV.

12 Обработка источника и приемника CV и FEC-CV

Генерацию источника CV, FFD_CV и FEC-CV и обработку приемника CV/FFD-CV/FEC-CV следует рассматривать как независимые функции. Эта функциональная развязка позволяет оператору гибко использовать различные уровни контроля LSP на базе LSP, например, между LSP, считающихся "важными", и теми LSP, которые считаются "менее важными", или между теми LSP, которые могут выполнять полную обработку повреждения и измерения готовности, и теми, в которых может быть реализован только поднабор функций обнаружения дефекта по причине используемой плоскости управления (например, LDP).

Генерация CV и FEC-CV является относительно тривиальной функцией (поскольку она никогда не изменяется) и значительно более простой, чем обработка приемника CV/FEC-CV. Каждая форма CV имеет специфическую применимость, и ее использование в сети может быть дополнительно сконфигурировано. Ожидаемым применением является генерация CV в LSP P2P, в которых нет требования подтверждения FTN, а FEC-CV используется для LSP P2P, требующих подтверждения FTN, и с LSP, в сигнализации которых используется протокол LDP.

Следовательно, генерация CV ИЛИ FEC-CV может быть разрешена во всех (или в большинстве) LSP.

Обработка приемника для CV может быть разделена на несколько "уровневых категорий" для LSP, как, например:

- 1) Обработка CV отсутствует. Следовательно, обработка повреждения не производится, не производятся измерения готовности и качества обслуживания (QoS).
- 2) Простая проверка поступлений CV на наличие неожиданного типа функции (например, FEC_CV), но без анализа TTISI (хотя предполагается, что, тем не менее, TTISI формируется). Это не может обеспечить полностью надежное подтверждение возможности установления соединения, поскольку некоторые повреждения не могут быть обнаружены, и обеспечивается только частичное обнаружение dMismerge/dMismatch.
- 3) Только очень простая проверка поступлений пакетов CV с неожиданным TTISI или с неожиданным типом функции (FEC-CV). Эта проверка может использоваться в менее важных LSP в качестве простого метода обнаружения утечки важного трафика LSP (в менее важный LSP). Однако здесь может не выполняться обработка другого повреждения (например, dLOCV) и не быть измерений готовности.
- 4) Полная обработка повреждения, но нет измерений готовности. Отметим, если измерения готовности не производятся, то совсем не возможны измерения QoS (так как они должны производиться только тогда, когда LSP находится в состоянии готовности).
- 5) Полная обработка повреждения и измерения готовности (при этом также разрешается вариант измерений QoS).

Аналогично, обработка приемника для FEC-CV может быть разделена на несколько "уровневых категорий" для LSP:

- 1) Обработка FEC-CV отсутствует. Следовательно, обработка повреждения не производится, не производятся измерения готовности и качества обслуживания (QoS).
- 2) Простая проверка поступлений FEC-CV, включая проверку на наличие неожиданного типа функции (например, CV), без анализа фильтра FEC или TTSI (хотя предполагается, что, тем не менее, оба они генерируются). Это не может обеспечить полностью надежное подтверждение возможности установления соединения, поскольку большинство повреждений при этом не могут быть обнаружены, и обеспечивается только частичное обнаружение dMismmerge/dMismatch.
- 3) Только очень простая проверка поступления пакетов FEC-CV с неожиданным типом функции или с неожиданным фильтром FEC¹. Эта проверка может использоваться в LSP LDP в качестве простого метода обнаружения утечки или ошибочной конфигурации FTN.
- 4) Полная обработка повреждения (включая проверку как фильтра FEC, так и TTSI), но нет измерений готовности. Отметим, что если измерения готовности не производятся, то также совсем не возможны измерения QoS (так как они должны производиться только тогда, когда LSP находится в состоянии готовности).
- 5) Полная обработка повреждения (включая проверку как фильтра FEC, так и TTSI), и измерения готовности (при этом также разрешается вариант измерений QoS).

13 Обработка FEC-CV в промежуточных LSR

Нормально PDU FEC-CV переносятся промежуточными LSR без анализа. LSR, вводящие FEC-CV, могут выбрать использование манипуляции значениями TTL для ограничения количества транзитных участков, через которые проходит проба FEC-CV, и поэтому пробы могут заканчиваться в промежуточных LSR.

Когда проба FEC-CV заканчивается в промежуточном LSR из-за исчерпания состояния TTL и связана с действительным LSP, LSR выполняет только проверку на состояния повреждения dFECfilter_Mismmerge или dFECfilter_Mismatch. Когда такое повреждение обнаруживается в промежуточном LSP, то состояние повреждения рассматривается только применительно к части LSP, которая является исходящим потоком от обнаруживающего LSR. Это будет преобразовано в подавление трафика, связанного с конкретным компонентом карты входящих меток (ILM).

Когда нет карты входящих меток для LSP (состояние "нет ILM"), об этом оповещается система администрирования, и TTSI может быть сохранен для содействия при диагностике, но другие последующие действия невозможны.

14 Общие правила кодирования

Компонент фильтра – это представление фильтра в виде одного символа информации. Компонент фильтра задается как специфическое для приложения число смещений фильтра, которое соответствует конкретным битам в фильтре FEC.

Смещения фильтра выражаются как одиночное значение в диапазоне 0-127. Каждое смещение фильтра представляет одиночный бит в 16-байтовом фильтре FEC. Старшие 4 бита смещения образуют смещение октета по отношению к первому байту фильтра, а младшие 3 бита смещения образуют смещение бита в октете, 0 указывает LSB, а 7 указывает MSB. Первоначально фильтр обнуляется, а бит, соответствующий каждому смещению фильтра, объединяется по ИЛИ с фильтром.

Обобщенное кодирование

Правила кодирования базируются в основном на максимальном количестве компонентов фильтра, перенос которых фильтром ожидается для данного приложения.

¹ Отметим, что TTSI для LDP-LSP – это информация, полезная только для инициирования диагностики при обнаружении dMismatch/dMismmerge.

Смещения фильтра формируются из результата CRC-32. Обобщенные правила обеспечиваются для формирования 2, 3, 4 и 5 смещений фильтра из CRC-32. Правила кодирования предназначаются (в общем) для сохранения расстояния Хэмминга в CRC через включение большей части информации.

В состав данной Рекомендации включена, хотя и не используется в ней, спецификация двух и пяти смещений для приложений, которым может потребоваться:

- 1) больше 16 компонентов фильтра на LSP (2 смещения фильтра);
- 2) один компонент фильтра на LSP (5 смещений фильтра).

Два смещения

Два смещения фильтра формируются посредством выполнения функции ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ над младшими семью битами старших значащих и младших значащих пар октетов.

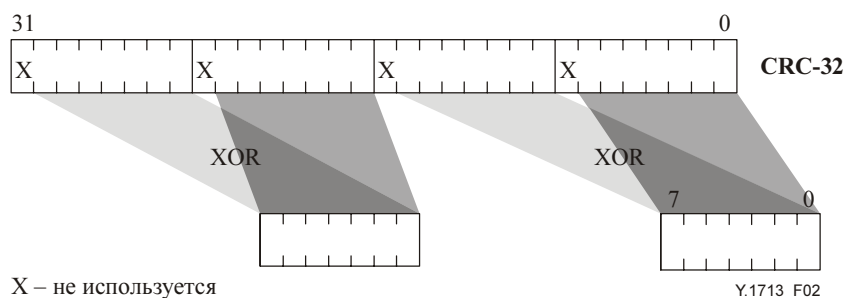


Рисунок 2/Y.1713 – Формирование 2 смещений фильтра из CRC-32

Три смещения

Три смещения фильтра формируются посредством сегментирования CRC-32 в три 10-битовых объекта и последующего выполнения функции ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ над 7-м, 8-м и 9-м битами с 4-м, 5-м и 6-м битами соответственно.

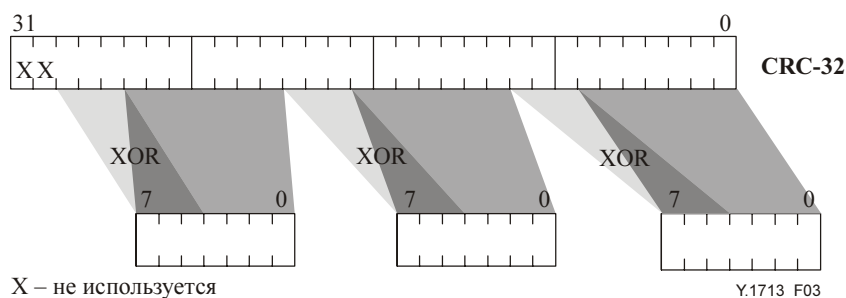


Рисунок 3/Y.1713 – Формирование 3 смещений фильтра из CRC-32

Четыре смещения фильтра

Четыре смещения фильтра формируются посредством взятия младших 7 битов каждого октета из CRC-32 и выполнения функции ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ 8-го бита каждого октета с 7-м битом.

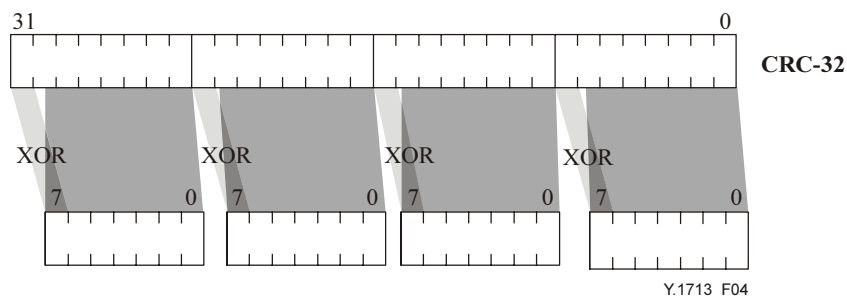


Рисунок 4/Y.1713 – Формирование 4 смещений фильтра из CRC-32

Пять смещений фильтра

Пять смещений фильтра формируются посредством сегментирования CRC-32 на четыре 7-битовых смещения, а оставшиеся младшие 4 бита используются как 4 LSB 5-го смещения. Затем CRC-32 сегментируется в 9-битовые участки и определяется паритет каждого участка для вычисления старших трех битов 5-го смещения.

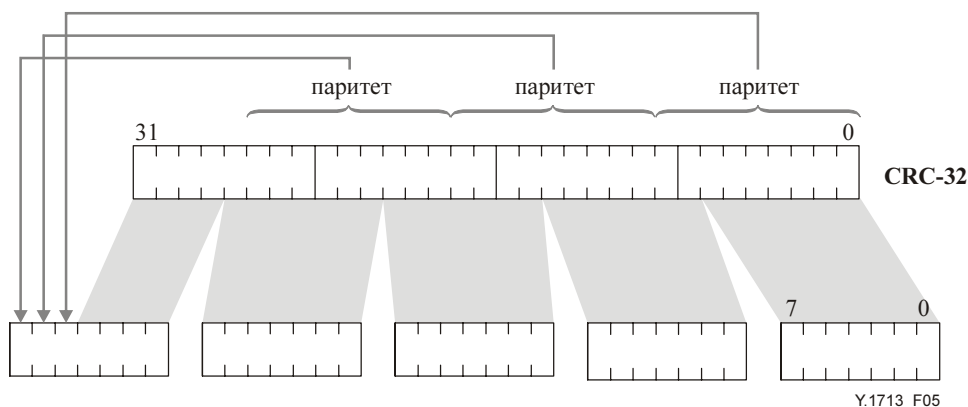


Рисунок 5/Y.1713 – Формирование 5 смещений фильтра из CRC-32

15 Выходная обработка

Выходная обработка выполняется одним из двух способов.

1) Приемлемый поднабор

На выходе выполняется логическая функция И между принятым входным фильтром и логической инверсией выходного фильтра. Ненулевой результат указывает на наличие повреждения dFECfilter_Mismatch или dFECfilter_Mismerge. Если на выходе аннулирован элемент FEC, то ошибка согласования может допускаться в течение точно не определенного периода времени, и МОЖЕТ БЫТЬ осуществлена обработка второго фильтра, содержащего накопленный набор элементов FEC, предоставленных для LSP. Если выполнение функции И между принятым фильтром и логической инверсией накопительного фильтра дает ненулевой результат, то это указывает, что ошибка согласования не связана с аннулированием элемента FEC и что может быть немедленно введено состояние повреждения dFECfilter_Mismerge/dFECfilter_Mismatch.

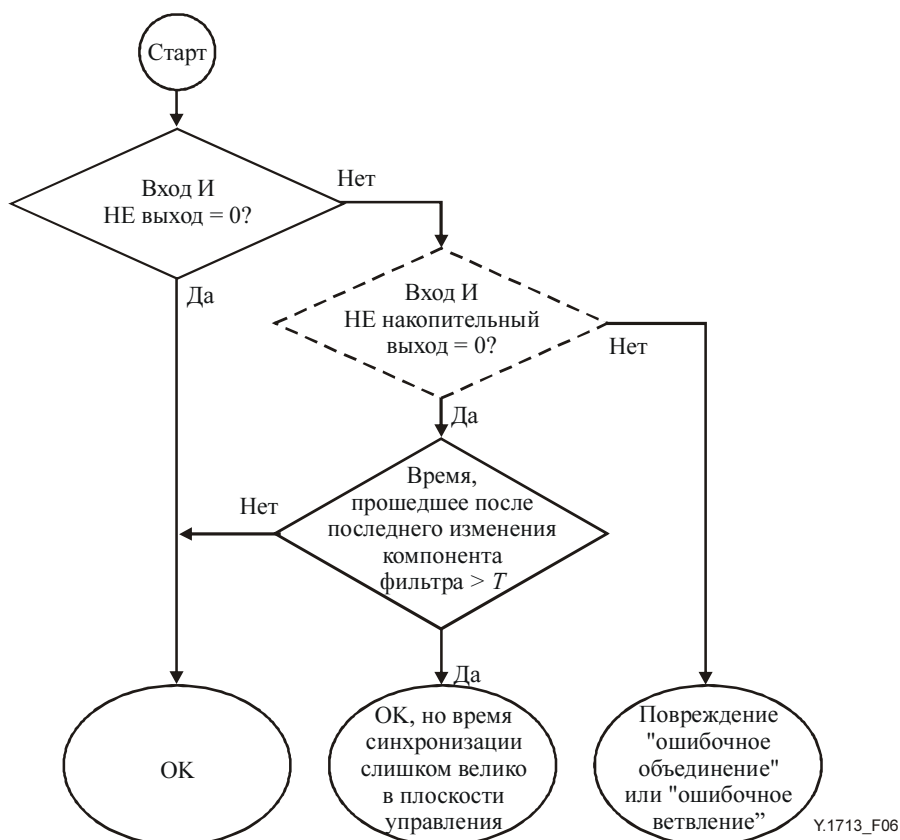


Рисунок 6/Y.1713 – Обработка фильтра "приемлемый поднабор"

2) *Точное совпадение*

На выходе производится прямое сравнение принятого входного фильтра с выходным фильтром. Фиксация неравенства указывает на наличие повреждения dFECfilter_Mismatch/dFECfilter_Mismerge или на то, что последнее изменение не распространилось до входа. Если на выходе был изменен фильтр FEC, то ошибка согласования может допускаться в течение точно не определенного периода времени. Далее МОЖЕТ БЫТЬ выполнено тестирование фильтра для определения, является ли входной фильтр поднабором текущего входного фильтра или накопительного входного фильтра, чтобы быстрее удостовериться, имела ли место чистая ошибка согласования или просто проявление гистерезиса в плоскости управления. Это указывает, что ошибка согласования не связана с аннулированием элемента FEC и что может быть немедленно введено состояние повреждения dFECfilter_Mismerge/Mismatch.

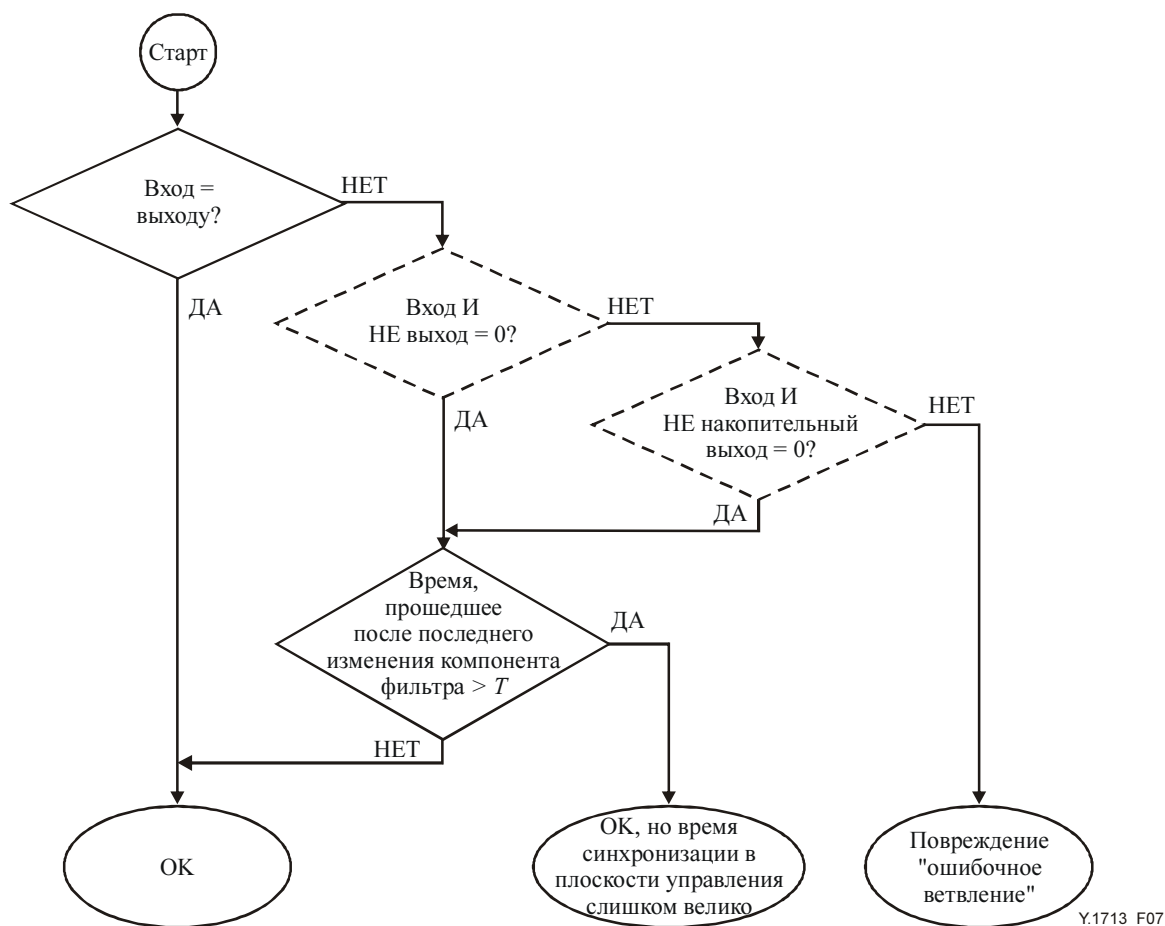
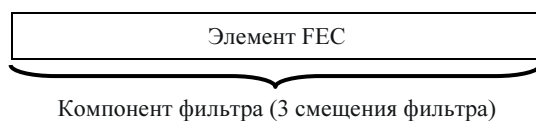


Рисунок 7/Y.1713 – Обработка фильтра "точное совпадение"

16 Правила кодирования и обработки для LSP по RFC 3036 (LDP)

Правила кодирования для входа

Каждый элемент FEC (кодированный согласно RFC 3036 [5], раздел 3.4.1), который помещен в таблицу FTN для LSP, кодируется как компонент фильтра, содержащий три смещения фильтра.



Y.1713_F08

Рисунок 8/Y.1713 – Компонент фильтра для LSP по RFC 3036

Правила кодирования для выхода

Каждый элемент FEC (кодированный согласно RFC 3036, раздел 3.4.1), который предоставляется для равноправных объектов LDP для LSP, кодируется как компонент фильтра, содержащий три (3) смещения.

Обработка на выходе

На выходе выполняется обработка фильтра "приемлемый поднабор".

Ограничения

При пользовании этими правилами кодирования требуется соблюдение верхнего граничного значения в 10 элементов FEC в фильтре FEC для обеспечения вероятности больше 99% обнаружения всех повреждений "ошибочное ветвление" в сети, поддерживающей все приложения, охарактеризованные в данной Рекомендации.

Руководящие указания по введению

LSR в сети LDP может иметь множество связанных с данным FEC трактов, некоторые из которых могут не использоваться в данное время, так как они являются входами к неоптимальным трактам. Номинально это называется как "либеральное сохранение метки". В данной Рекомендации не делается никаких представлений в отношении введения FEC-CV, кроме минимального введения FEC-CV, которое следует выполнять на входах LSP, используемых в настоящее время. Если осуществляется измерение возможности установления соединения и контроль готовности маршрута (см. Добавление II), следует разрешать генерацию FEC-CV только при наличии действительного маршрута для FEC. LSR может быть сконфигурирован для введения FEC-CV во все тракты с целью более полного использования набора потенциальных резервных трактов. Увеличение количества входов, вводящих FEC-CV в сеть, позволяет уменьшить T_{FEC-CV}^{FEC-CV} , так как при этом ожидается, что точки объединения входящего потока будут концентрировать скорость поступления в точках выхода FEC.

17 Правила кодирования и обработки для LSP (RSVP-TE) по RFC 3209

Правила кодирования для входа

Входной PE кодирует идентификатор туннеля и расширенный идентификатор туннеля, извлеченные из объекта сеанса (раздел 4.6.1 из RFC 3209 [6]) в качестве компонента фильтра, и идентификатор LSP, извлеченный из шаблона передатчика (раздел 4.6.2 из RFC 3209) в качестве компонента фильтра. Оба компонента фильтра состоят из 4 смещений фильтра. Если расширенный идентификатор туннеля равен нулю, тогда должен быть подставлен адрес передатчика из объекта шаблона передатчика.

Во время процедур перемаршрутизации и увеличения пропускной способности (раздел 4.3.4 из RFC 3209) используемый фильтр содержит компонент фильтра "идентификатор туннеля/расширенный идентификатор туннеля" и компонент фильтра "старый идентификатор LSP" до тех пор, пока не примет сообщение RESV, подтверждающее тракт с новым идентификатором LSP. В этот момент на входе производится изменение фильтра, после которого он содержит компонент фильтра "идентификатор туннеля/расширенный идентификатор туннеля" и компонент фильтра "новый идентификатор LSP".

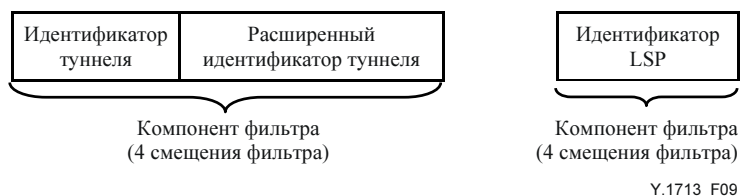


Рисунок 9/Y.1713 – Компоненты фильтра для RFC 3209

Правила кодирования для выхода

Выходной PE кодирует идентификатор туннеля и расширенный идентификатор туннеля, извлеченные из объекта сеанса в качестве компонента фильтра, и идентификатор LSP, извлеченный из шаблона передатчика в качестве компонента фильтра. Если расширенный идентификатор туннеля равен нулю, тогда адрес передатчика должен быть подставлен из объекта шаблона передатчика. Во время процедур перемаршрутизации и увеличения пропускной способности (раздел 4.3.4 из RFC 3209) после получения сообщения тракта с новым идентификатором как старый, так и новый идентификаторы LSP кодируются как компоненты фильтра вместе с идентификатором туннеля и расширенным идентификатором туннеля, так что изменение идентификаторов LSP в начале пробы не приводит к ошибке. После приема сообщения о разрыве тракта (Path-tear) для старого идентификатора LSP производится изменение фильтра, так что в результате он содержит только текущий идентификатор LSP в качестве компонента фильтра.

Обработка на выходе

На выходе производится обработка "точное согласование" при нормальной работе и обработка "приемлемый поднабор" во время процедур перемаршрутизации и увеличения пропускной способности.

Ограничения

Не накладываются. Количество компонентов фильтра, связанных с LSP RFC 3209, уже ограничено.

Руководящие указания по введению

Нет.

18 Правила кодирования и обработки для LSP (CR-LDP) по RFC 3212

Правила кодирования для входных и выходных LSR



Y.1713_F10

Рисунок 10/Y.1713 – Компоненты фильтра для RFC 3212

Идентификатор LSP (раздел 4.5 из RFC 3212 [7]) и каждый элемент FEC CR-LSP (раздел 4.10 из RFC 3212), и/или элемент FEC LDP (раздел 3.4.1 из RFC 3036) кодируются как компонент фильтра, содержащий 3 смещения фильтра.

Ограничения

При использовании этими правилами кодирования требуется соблюдение верхнего граничного значения в 10 элементов FEC и TLV идентификатора LSP в фильтре FEC для обеспечения вероятности больше 99,9% обнаружения всех повреждений "ошибочное ветвление" в сети, поддерживающей все приложения, охарактеризованные в данной Рекомендации.

Руководящие указания по введению

Нет.

19 Определение полинома

32-битовый CRC, используемый для формирования компонентов фильтра FEC-CV, определяется следующим порождающим полиномом:

$$G(x)^2 = x^{32} + x^{30} + x^{28} + x^{21} + x^{19} + x^{15} + x^{12} + x^9 + x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$$

Математически CRC определяется как сумма (по модулю 2):

- 1) остатка от деления (по модулю 2) $(x^{31} + x^{30} + \dots + x + 1)x^k$ на порождающий полином, где k – количество битов, по которому вычисляется CRC; и
- 2) остатка от деления (по модулю 2) на порождающий полином произведения данных, по которым вычисляется CRC, интерпретированных как полином, умноженный на x^{32} .

² $G(x) = (x+1)(x+1)(x^{10}+x^8+x^5+x^4+1)(x^{10}+x^9+x^8+x^3+x^2+x+1)(x^{10}+x^9+x^8+x^6+x^4+x^2+1)$. $G(x)$ может быть удобно представлен 33-битовым целым числом 15028931F.

Алгоритмически CRC определяется в следующей процедуре:

- 1) Производится дополнение первых 32 битов данных.
- 2) Затем k битов данных рассматриваются как коэффициенты полинома $M(x)$ степени k-1, записанного в формате с обратным порядком байтов.
- 3) $M(x)$ умножается на x^{32} и делится на $G(x)$, образуя остаток $R(x)$ степени не более 31.
- 4) Коэффициенты $R(x)$ рассматриваются как 32-битовая, 4-октетная последовательность.

20 Критерий перехода в/выхода из состояния повреждения и последующие действия

Критерий перехода в/выхода из состояния повреждения, связанный с обработкой FEC-CV на ближнем конце, следующий:

Критерий перехода в состояние dServer

dServer не является действительным состоянием повреждения при обработке FEC-CV для уровней LDP MPLS.

Критерий перехода в состояние dLOCV

Переход в состояние dLOCV для обработки повреждения на ближнем конце, где разрешена обработка готовности FEC-CV, происходит, когда выходной LSR не наблюдает ожидаемые пакеты FEC-CV для комбинации TTSI/FEC в течение трех последовательных интервалов $T^{\text{FEC-CV}}$.

По отношению к последующим действиям:

- Кодовая точка DT dLOCV вводится в любые пакеты OAM FDI, переданные в прямом направлении.

Критерий перехода в состояние dTTSI_Mismatch

dTTSI_Mismatch не является действительным состоянием повреждения при обработке FEC-CV для сетей LDP.

Критерий перехода в состояние dTTSI_Mismerge

dTTSI_Mismerge не является действительным состоянием повреждения при обработке FEC-CV для сетей LDP.

Критерий перехода в состояние dFECfilter_Mismatch

Переход в состояние dFECfilter_Mismatch и, следовательно, в состояние повреждения ближнего конца приемника трассы LSP (LSP Trail Sink Near-End Defect State) происходит, когда наблюдаются какие-либо пакеты OAM в течение любого периода трех последовательных интервалов $T^{\text{FEC-CV}}$, каждый из которых содержит неожиданный фильтр FEC или наблюдаемый тип пакета OAM CV, и в тот же самый период не наблюдаются пакеты OAM FEC-CV с ожидаемым фильтром FEC (т. е. dLOCV). Следует отметить, что повреждение dTTSI_Mismatch подавляет повреждение dLOCV (как может быть, например, при обмене LSP). Кодовая точка DT шестнадцатеричное 02 05 (0x0205) вставляется в любые пакеты OAM FDI, передаваемые в прямом направлении. DL также вставляется в эти пакеты OAM FDI. Вырабатывается местный аварийный сигнал, связанный с этим состоянием повреждения, и TTSI в неожиданной пробе FEC-CV или OAM CV захватывается локально (при желании он может быть также передан в NMS, аналогично отчету об исключении). Также должен быть подавлен сигнал трафика входящего потока.

Критерий перехода в состояние dFECfilter_Mismerge

Переход в состояние dFECfilter_Mismerge и, следовательно, в состояние повреждения ближнего конца приемника трассы LSP происходит, когда имеются какие-либо пакеты OAM FEC-CV, каждый с неожиданным фильтром FEC, или наблюдаемый тип пакета OAM CV, и имеются какие-либо пакеты OAM FEC-CV, каждый с ожидаемым фильтром FEC, наблюдаемые в любой период трех последовательных интервалов $T^{\text{FEC-CV}}$ (т. е. не dLOCV). Кодовая точка DT 02 06 шестнадцатеричное вставляется в любые пакеты OAM FDI, передаваемые в прямом направлении. Кодовая точка DL также вставляется в эти пакеты OAM FDI. Вырабатывается местный аварийный сигнал, связанный с этим состоянием повреждения, а TTSI в неожиданной пробе FEC-CV или OAM CV захватывается локально (при желании он может быть также передан в NMS, аналогично отчету об исключении). Факультативно может быть также подавлен сигнал трафика входящего потока.

Критерий перехода в состояние dExcess

dExcess не является действительным состоянием повреждения при обработке FEC-CV для сетей LDP MPLS.

Критерий выхода из состояния dLOCV

Выход из состояния dLOCV и, следовательно, из состояния повреждения ближнего конца приемника трассы LSP для готовности ближнего конца с использованием FEC-CV происходит, когда:

- наблюдается ≥ 2 , но ≤ 4 пакетов OAM FEC-CV, каждый с ожидаемым TTISI, и
- не наблюдаются пакеты FEC-CV с неожиданным фильтром FEC или TTISI, и
- не наблюдаются неожиданные пакеты OAM CV

в любой период трех последовательных интервалов $T^{\text{FEC-CV}}$.

Все последующие действия, выполняемые, когда введено состояние повреждения ближнего конца приемника трассы LSP (т. е. передача пакетов OAM FDI и BDI, выработка локальных аварий и какое-либо подавление трафика), останавливаются, когда происходит выход из состояния повреждения ближнего конца приемника трассы LSP.

Критерий выхода из состояния dFECfilter_Mismatch и dFECfilter_Mismerge

Выход из состояния повреждения dFECfilter_Mismatch и dFECfilter_Mismerge и, следовательно, выход из состояния повреждения ближнего конца приемника трассы LSP для создания готовности ближнего конца происходит, когда:

- не наблюдаются пакеты OAM FEC-CV с неожиданным фильтром FEC и
- не наблюдаются неожиданные пакеты OAM CV

в любой период трех последовательных интервалов $T^{\text{FEC-CV}}$.

Все последующие действия, выполняемые, когда введено состояние повреждения ближнего конца приемника трассы LSP (т. е. передача пакетов OAM FDI и BDI, выработка локальных аварий и какое-либо подавление трафика), останавливаются, когда происходит выход из состояния повреждения ближнего конца приемника трассы LSP.

21 Аспекты безопасности

В данной Рекомендации не затрагиваются какие-либо проблемы безопасности, которые уже не рассматривались в архитектуре MPLS или в архитектуре протокола сетевого уровня, содержащегося в инкапсуляции. В архитектуре MPLS предполагается наличие защищенных окончаний трассы внутри данного уровня и обеспечивается произвольная иерархия так, что незащищенные клиенты могут быть изолированы от защищенной сети. Это критично для OAM, где незащищенные входы могут воздействовать на механизмы OAM, приводя к возникновению атак на сетевую инфраструктуру вида "отказ от обслуживания".

Обнаружение ошибочного ветвления повышает безопасность сетей MPLS, так как создается возможность обнаружения "брешей" в безопасности, вызванных ошибочной пересылкой данных.

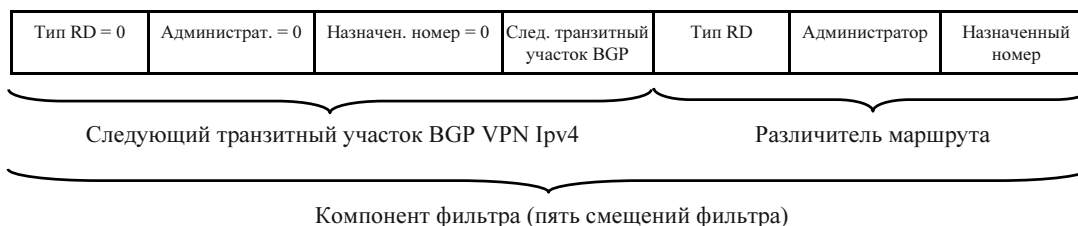
Добавление I

Правила кодирования и обработки для LSP (BGP/VPN) по RFC 2547

I.1 Сценарий 1: LSP с совокупной меткой

Правила кодирования для входа

Входной РЕ кодирует информацию о следующем транзитном участке BGP, различителе маршрута (route distinguisher, RD), связанные с LSP (оповещение о метках, импортированное BGP). Адрес следующего транзитного участка VPN-IPv4 и RD объединяются и затем кодируются как компонент фильтра, содержащий пять смещений фильтра.



Y.1713.APPX.I_F01

Рисунок I.1/Y.1713 – Компоненты фильтра для совокупных меток RFC 2547

Правила кодирования для выхода

Выходной РЕ кодирует информацию о следующем транзитном участке BGP и различитель маршрута, связанный с LSP (оповещение о метках, экспортированное BGP), как компонент фильтра, содержащий пять смещений фильтра.

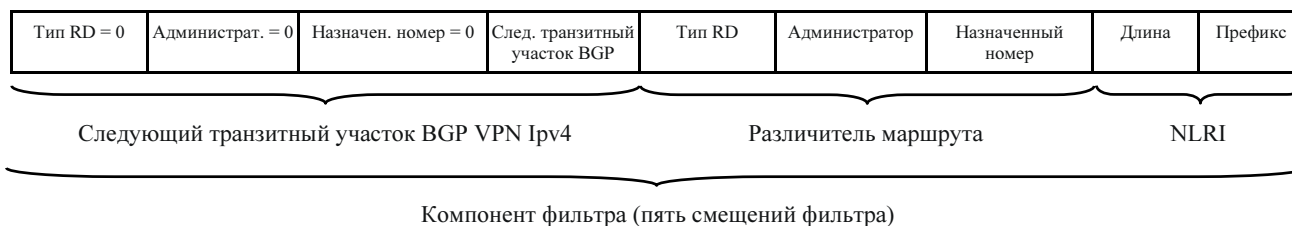
Обработка на выходе

На выходе выполняется обработка фильтра "точное совпадение".

I.2 Сценарий 2: LSP с несовокупной меткой

Правила кодирования для входа

Входной РЕ кодирует информацию о следующем транзитном участке BGP, различителе маршрута (RD), связанные с LSP (оповещение о метках, импортированное BGP), и информацию о доступности следующего уровня (NLRI или маршрут клиента). Адрес следующего транзитного участка VPN-IPv4, RD и NLRI для маршрута клиента объединяются и затем кодируются как компонент фильтра, содержащий пять смещений фильтра.



Y.1713.APPX.I_F02

Рисунок I.2/Y.1713 – Компоненты фильтра для "несовокупных" меток RFC 2547

Правила кодирования для выхода

Выходной РЕ кодирует информацию о следующем транзитном участке BGP, различитель маршрута и маршрут, связанный с LSP (оповещение о метках, экспортированное BGP), как компонент фильтра, содержащий пять смещений.

Обработка на выходе

На выходе выполняется обработка фильтра "точное совпадение".

ПРИМЕЧАНИЕ. – Механизмы транзита уровня VPN (одно потенциальное решение для VPN, размещенных между AS) могут не распространять выходной адрес PE до входа уровня VPN. Это оставлено для дальнейшего изучения.

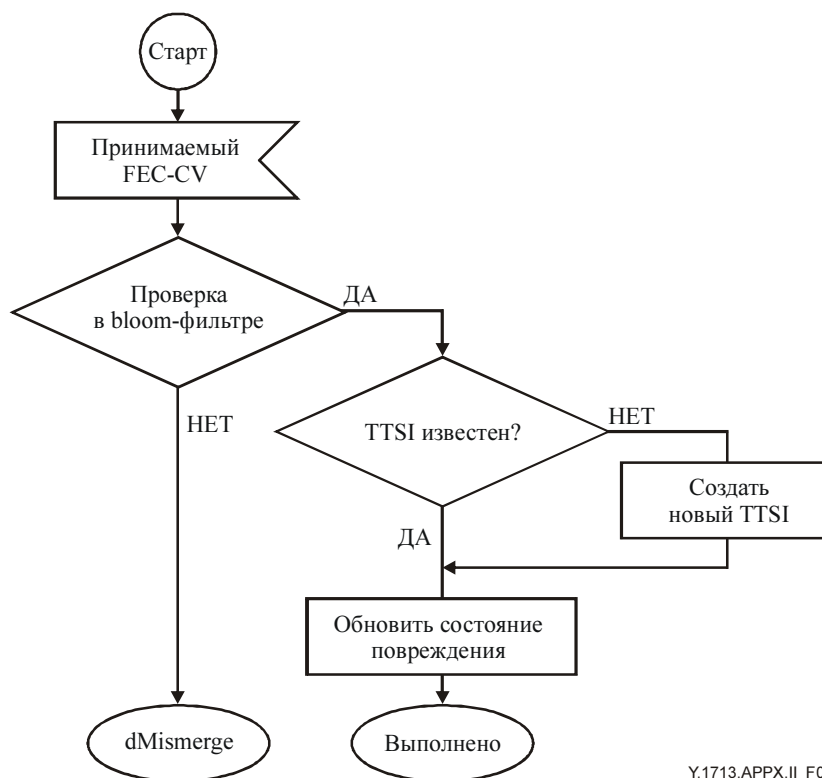
Добавление II

Использование FEC-CV для проверки возможности установления соединения и измерения готовности маршрута

Входной LSR может быть сконфигурирован для проверки возможности установления соединения, измерения готовности и выполнения связанной с этим обработки состояния повреждения настройки возможности установления соединения LSP с LDP для данного FEC. LSR должен быть уникальной выходной точкой для FEC, чтобы любые изменения возможности установления соединения в сети воздействовали на трафик, проходящий транзитом через выходной LSR. Сеть должна использовать либеральное сохранение метки, чтобы количество входных точек, используемых LSR, было постоянным. Механизмы для координирования обработки состояния повреждения при консервативном сохранении метки или для ограничения генерации проб набором входных точек, используемых в данное время (когда вход больше не используется, требуется механизм отмены регистрации), оставлены для дальнейшего изучения.

Когда выходной LSR принимает действительную пробу FEC-CV для FEC, для выполнения обработки состояния которого он сконфигурирован:

- 1) Он проверяет, что фильтр FEC является действительным для LSP. Если нет, то происходит нормальная обработка повреждения.
- 2) Он проверяет, закодировано ли в пробе FEC-CV отслеживание текущей возможности установления соединения для TTSI. Если нет, то он начинает отслеживание для этого TTSI и определяет возможность соединения между TTSI и выходом как действующую.
- 3) Если LSR уже задал в пробе отслеживание возможности установления соединения для TTSI, он соответствующим образом обновляет состояние повреждения для TTSI.



Y.1713.APPX.II_F01

Рисунок II.1/Y.1713 – Обработка пробы FEC-CV

Скорость введения проб FEC-CV может быть задана, и она должна быть общим значением для подсети MPLS. Она выбирается как для гармонизации с обнаружением ошибочного объединения и ошибочного ветвления с использованием постоянной скорости CV для LSP P2P ER, так и для минимизации формирования сигналов аварии как ложных явлений при нормальной работе сети без установления соединений.

Количество TTSI, для которых требуется реализация LSR для обработки состояния повреждения, не задается.

Подавление аварийного сигнала

Полный охват измерительными пробами возможности установления соединения в сети LDP может вызвать формирование аварийных сигналов всеми равноправными граничными устройствами при неисправности одного граничного устройства или при неисправности каналов, непосредственно присоединенных к равноправному граничному устройству.

Для обеспечения полного покрытия для обнаружения неисправностей без образования "штормов" аварийных сигналов формирование аварийного сигнала должно быть координировано с IGP (и может потребоваться время "удержания" для достижения этого). Подавление аварий может производиться, когда идентификатор LSR в TTSI соответствует адресу одного конца пронумерованного канала, для которого IGP выдал сообщение о неисправности. Отметим, что неисправность узла в этом сценарии будет оповещать о себе как о неисправности всех нумерованных каналов, идущих к входному LSR, и подавление аварийного сигнала может быть выполнено соответствующим образом. Поэтому механизм готовности будет вырабатывать аварию только в том случае, если неисправности не обнаружены или не устранены сетью.

Подавление сигнала аварии при неисправности узла, в котором используются нумерованные каналы, может производиться аналогично тому, как TTSI использовало бы адрес шлейфа маршрутизатора в поле идентификатора LSR, но подавление сигнала аварии для "неслышной" неисправности одного нумерованного канала, подсоединенного ко входу сети, создает некоторую степень неопределенности. Канал известен по совокупности адресов шлейфа маршрутизатора на любом из концов канала, однако любое отслеживаемое значение TTSI не может быть явно связано с неисправностью отдельного канала. *Оно может использоваться, если маршрутная таблица указывает, что идентификатор LSR (полученный от TTSI) был искажен сетью (нет способного к функционированию маршрута).* Это оставлено для дальнейшего изучения.

Подавление аварийных сигналов для межзоновых LSP оставлено для дальнейшего изучения.

Добавление III

Установка T^{FEC-CV}

FEC-CV предназначено главным образом для использования с LSP MP2P. При этом подразумевается, что конкретная скорость генерации на каком-либо отдельном входе будет умножаться на количество входов при рассмотрении скорости поступления в точке выхода. Это важно, когда рассматривается утечка в LSP с разрешенным измерением готовности на основе CV Y.1711.

Возможно уменьшение скорости генерации FEC-CV по отношению к CV при обеспечении высокой статистической вероятности неперехода конечного автомата доступности ближнего конца CV к сценарию ошибочного ветвления/ошибочного объединения. Однако используемая скорость генерации является функцией диаметра сети, количества источников проб по отношению к количеству потенциальных точек ошибочного ветвления и плотности "сетки" меток VPN и PW. По этой причине скорость генерации FEC-CV должна быть конфигурируемой.

Например, для заданной сети с 'm' граничными устройствами и с диаметром 'n' следует сделать следующие допущения:

- Вероятность повреждения "ошибочное ветвление" является одинаковой на каждом транзитном участке вдоль тракта (включая исходящий узел).
- В направлении от выхода для каждого транзитного участка уменьшается количество входных источников, выдающих пробы FEC-CV, на которые могло бы воздействовать повреждение "ошибочное ветвление", локальное для транзитного участка.

- Источники проб не синхронизованы, поэтому распределение поступления проб на выход будет случайным.
- Каждый граничный NE размещен в сети как минимум дважды.



Рисунок III.1/Y.1713 – Требуемая скорость введения пробы

На рисунке III.1 (на основе приведенных выше допущений) показана требуемая скорость введения пробы на каждом входе LSP, необходимая для того, чтобы входной конечный автомат не переходил в состояние повреждения в течение 99% времени (вероятность поступления пробы в любой 2-секундный интервал равна 99%). Он показывает, что для больших сетей необходимая скорость введения FEC-CV в LSP MP2P может быть того же порядка или меньше, чем скорость введения проб CV без побочных эффектов при обработке повреждения в контролируемых LSP. Скорость поступления ошибочно направленных проб FEC-CV, "утекающих" в LSP, контролируемый с помощью CV, будет достаточно высока для правильного удержания в состоянии повреждения LSP, контролируемого с помощью CV.

Эта модель предполагает отсутствие взаимосвязи между точками введения FEC-CV (полностью случайное введение), что на практике может не быть действительным предположением. Поэтому рекомендуется гибкое определение скорости введения пробы.

Добавление IV

Проблемы с ECMP

ECMP является не определенным точно механизмом, выполняющим инверсное мультиплексирование трафика LSP во многие параллельные исходящие LSP. В реализациях могут использоваться частные механизмы для распространения трафика при идеальном сохранении упорядоченности потока с некоторой степенью гранулярности. Использование FEC-CV при наличии частного ECMP приводит к результатам, зависящим от реализации (приводятся здесь для информации в отсутствие нормативных ссылок на ECMP MPLS):

- 1) Реализации, в которых используются частные механизмы ECMP, не реализующие FEC-CV, но сохраняющие семантику тракта LSP (отображение 1:1 между входом и выходом), имеют передаточную функцию ECMP и тракты входящего потока, надлежащим образом используемые PDU FEC-CV, отправленными где-либо в сети. При этом "сохранение семантики тракта LSP" означает, что передаточная функция LSR осуществляет явное отображение между каким-либо входящим транзитным участком с коммутацией по меткам (LSH) и одиночным исходящим LSH. Примером такой реализации является такая, в которой при выборе входящего тракта учитывается только входящий интерфейс и верхняя метка.
- 2) Реализации, в которых используются частные механизмы ECMP, не реализующие FEC-CV И НЕ сохраняющие индивидуальную семантику LSP (такую, как возможность отображения входящей полезной нагрузки в любой из наборов исходящих LSH посредством каких-либо

механизмов выбора исходящего тракта, например, основанных на анализе полезной нагрузки), не используют передаточную функцию ЕСМР, а имеют только поднабор параллельных трактов входящего потока, надлежащим образом используемых PDU FEC-CV.

- 3) Реализации, в которых используются частные механизмы ЕСМР, реализующие FEC-CV, могут рассматривать набор исходящих LSP ЕСМР в качестве входов и должны вводить пробы FEC-CV так, чтобы надлежащим образом использовался непосредственный набор LSP ЕСМР. Степень использования передаточной функции ЕСМР сетевого элемента при генерации PDU FEC-CV зависит от реализации. Таким способом тестирование перестановок тракта распределяется по сети, а не концентрируется в граничном узле.

Этот подход позволяет требуемой нагрузке проб обеспечить тестирование всех возможных комбинаций трактов ЕСМР при линейном масштабировании с количеством входных точек ЕСМР по сравнению со всеми перестановками трактов, наблюдаемыми набором граничных устройств в сети. Каждый сетевой элемент ответственен за тестирование только непосредственно локального набора трактов, а не за комбинаторный набор, возникающий при нахождении многих точек ЕСМР по всей сети.

Рисунок IV.1 иллюстрирует проблему масштабирования:

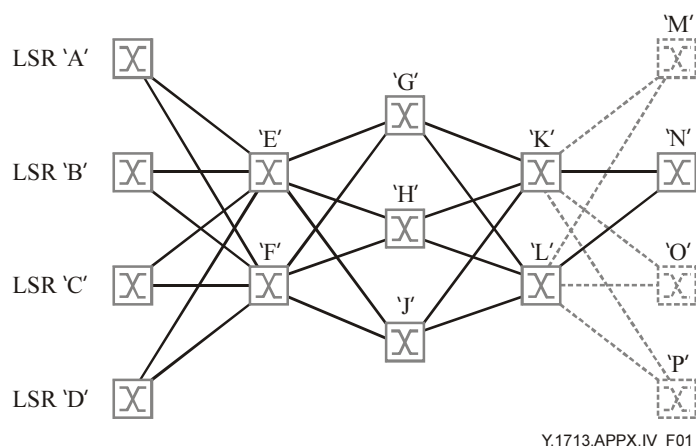


Рисунок IV.1/Y.1713 – Пример ЕСМР

На рисунке IV.1 показана относительно тривиальная сеть. На рисунке IV.1 имеется набор LSR (с A по D), обладающих возможностью установления соединения с LSR 'N' через базовую сеть, состоящую из LSR с 'E' по 'L'. Трафик между LSR 'A' и 'N', с которым сталкивается ЕСМР, реализован в 'A', 'E', 'F', 'G', 'H' и 'J'. Это создает 11 возможных перестановок трактов между LSR 'A' и 'N':

A-E-G-K-N;
A-E-H-K-N;
A-E-H-L-N;
A-E-J-K-N;
A-E-J-L-N;
A-F-G-K-N;
A-F-G-L-N;
A-F-H-K-N;
A-F-H-L-N;
A-F-J-K-N; и
A-F-J-L-N.

С полным количеством 14 входных точек ECMP. По две в каждом из 'A', 'G', 'H' и 'J' и по три в 'E' и 'F'. При рассмотрении большего числа граничных LSR (например, с 'B' по 'D') количество базовых точек ECMP в базовой сети остается неизменным, но возрастает количество перестановок трактов, видимых граничным узлом сети.

Это происходит потому, что при контроле LSP, основанном исключительно на пробах, отправляемых граничным узлом, дублируется тестирование точек ECMP в базовой сети:

- Базовые точки ECMP совместно используются граничными устройствами.
- Граничные устройства не имеют информации друг о друге.
- Не существует механизмов для делегирования тестирования конкретных ресурсов, используемых совместно, между граничными устройствами.

При добавлении граничных устройств существенно возрастает количество отправляемых ими проб, если подразумевается, что каждое устройство ответственно за тестирование всех доступных перестановок трактов.

Например, сеть, экстраполированная из приведенного выше примера со 100 граничными устройствами, может иметь 200 или около этого входных точек ECMP, но столкнется примерно с 2000 потенциальными перестановками трактов между набором LER и любым индивидуальным выходным LER.

Нецелесообразно делегировать ответственность за тестирование общих ресурсов каждому граничному LSR, поэтому целью должно быть ограничение избыточного опробования точек ECMP, используемых совместно многими граничными устройствами. Введение пробы в каждом входе ECMP обеспечивает соизмеримое покрытие со значительно меньшим объемом опробования сети по сравнению с распределением ответственности за определение перестановок трактов по сети.

Фактически генерируемая нагрузка проб зависит от реализации и от желаемого покрытия обнаружения неисправностей в пределах распространения нагрузки LSR. Возможной реализацией распространения нагрузки является использование для этого входной линейной карты (для минимизации числа переходов данных через объединительную плату сетевого элемента) при условии, чтобы для данного FEC подлежащее рассмотрению фактическое число входов LSP равнялось числу исходящих используемых для нагрузки трактов, УМНОЖЕННОМУ на число входных интерфейсов (при либеральном сохранении меток это должны быть все входные интерфейсы). Это означает, что имеется несколько точек, которые могут быть выбраны реализациями для введения пробы FEC-CV.

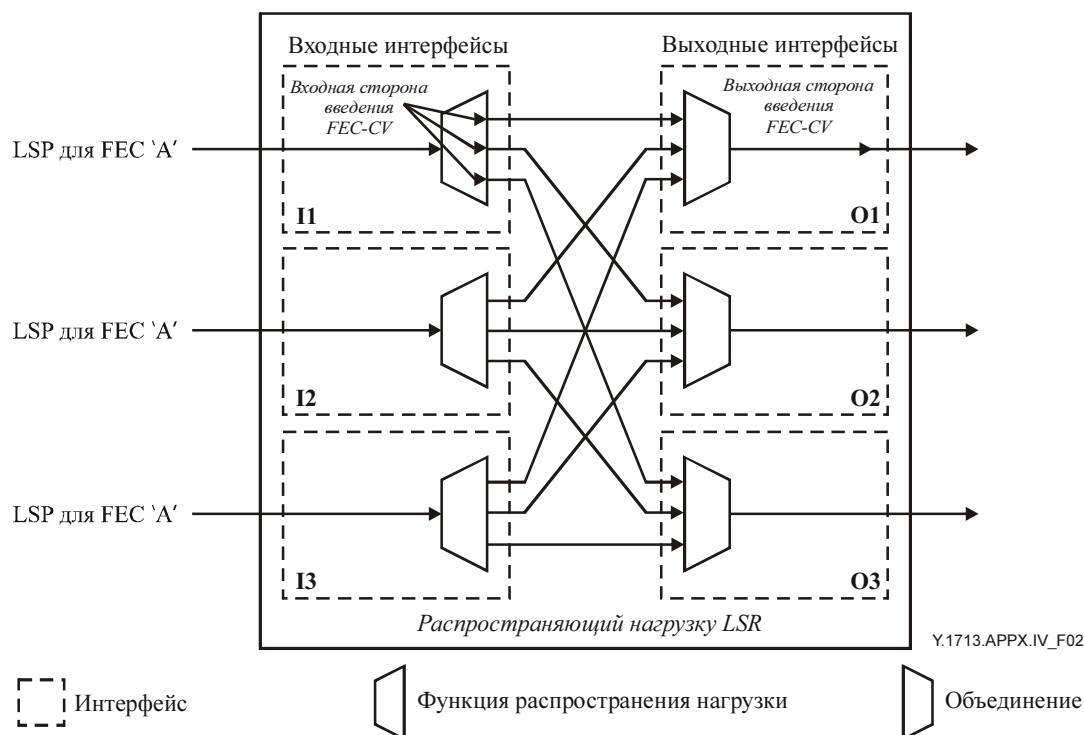


Рисунок IV.2/Y.1713 – Реализация распространения нагрузки

На рисунке IV.2 представлена реализация, в которой распространение нагрузки осуществляется как входная функция. На рисунке IV.2 указаны две потенциальные точки для введения FEC-CV. Одна является выходной стороной, которая дает 3 точки для введения PDU FEC-CV для LSP, по одной в каждом из выходных интерфейсов с O1 по O3. Одна находится на входной стороне, которая в приведенном выше примере дает 9 точек для введения PDU FEC-CV, по одной для каждого выхода каждого из входных интерфейсов с I1 по I3. Для упрощения локализации неисправности для каждой точки введения PDU FEC-CV должен быть назначен уникальный TTSL.

Комбинирование введения PDU FEC-CV на входной стороне с манипулированием TTL обеспечивает приемлемое покрытие ошибочного ветвления и может использоваться с PHPd LSP. Если введение LSR не обеспечивает PHP на выходе LSP (например, известно, что LSR входящего потока реализует плоскость пользователя MPLS), могут быть вставлены PDU FEC-CV с TTL = 1 для проверки локального NHLFE и правильности ILM следующего транзитного участка и для синхронизации с плоскостью управления без неблагоприятного воздействия на маршрутизаторы LSR входящего потока.

Использование TTL = 1 минимизирует суммарное нарушение трафика, когда обнаруживается повреждение "ошибочное ветвление". Узел, обнаруживший повреждение, подавляет пересылку трафика к конкретному LSP. Если обнаружение находится близко к ошибочно функционирующему LSR, то в сети LDP может быть подавлена только часть всего трафика, переносимого LSP.

Возможны другие восстановительные действия. Когда TTSL указывает, что источником пробы был ближайший равноправный объект по исходящему потоку, LSR может аннулировать метку, ведущую туда, и предоставить для FEC другую метку с целью отделения ценного трафика от утекающего туда трафика. Точные механизмы оставлены для дальнейшего изучения.

Добавление V

Проблемы с PHP

Аналогично Рекомендации МСЭ-Т Y.1711, проба FEC-CV дает наибольший полезный эффект и наиболее просто реализуется в отсутствие PHP (плоскость отмеченных данных простирается от конца до конца). Однако FEC-CV может быть все же полезной для реализаций, в которых выбирается запрос PHP из узла исходящего потока:

- 1) Предпоследний узел транзитного участка может выбирать для обработки PDU FEC-CV таким образом, что обнаружение ошибочного ветвления будет охватывать почти все, но и последний (без метки) транзитный участок тракта.
- 2) Если LSR, заканчивающий LSP, принимает предупреждение OAM в качестве верхней метки, он может обрабатывать все PDU FEC-CV в отношении фильтра FEC, который является результатом логической функции ИЛИ всех фильтров FEC, предлагаемых LSR с меткой "неявный НУЛЬ". Для того что называется LSR "граничного узла провайдера", это может быть только один FEC (собственный адрес шлейфа LSR). Когда имеются несколько FEC, вероятность необнаруженной ошибки возрастает пропорционально количеству FEC, закодированных в общем фильтре.

На рисунке V.1 показан наихудший случай (LSP с одним FEC LDP и с PHPd к LSR, предоставляющему многочисленные FEC с меткой неявного нуля).

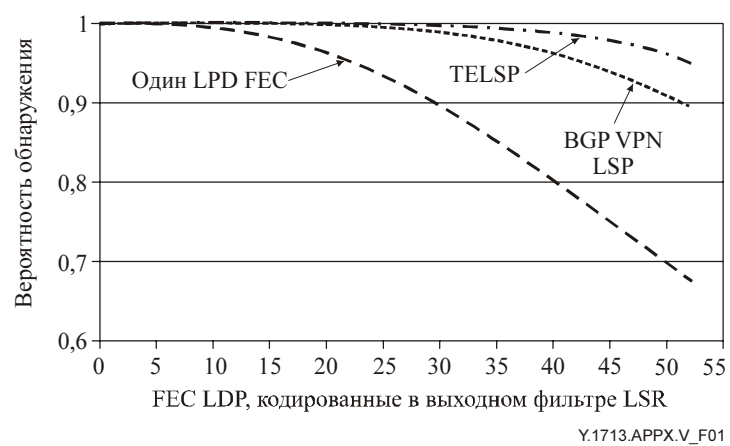


Рисунок V.1/Y.1713 – Наихудший случай PHP (по типу входа LSP)

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия В	Средства выражения, определения терминов, символы, классификация
Серия С	Общая статистика электросвязи
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия Е	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