

Internet Engineering Task Force (IETF)
Request for Comments: 6956
Category: Standards Track
ISSN: 2070-1721

W. Wang
Zhejiang Gongshang University
E. Haleplidis
University of Patras
K. Ogawa
NTT Corporation
C. Li
Hangzhou DPtech
J. Halpern
Ericsson
June 2013

Библиотека логических функциональных блоков ForCES

Forwarding and Control Element Separation (ForCES) Logical Function Block (LFB) Library

Аннотация

Этот документ определяет базовые классы для логических функциональных блоков (LFB¹) используемых в ForCES². Базовые классы LFB определяются в соответствии с моделью элемента пересылки ForCES (FE³) и спецификацией протокола ForCES. Они привязаны к выполнению типовых функций маршрутизации и образуют базовую библиотеку LFB для ForCES. Библиотека включает описания LFB и определения XML.

Статус документа

Документ относится к категории Internet Standards Track.

Документ является результатом работы IETF⁴ и представляет согласованный взгляд сообщества IETF. Документ прошёл открытое обсуждение и был одобрен для публикации IESG⁵. Дополнительную информацию о стандартах Internet можно найти в разделе 2 в RFC 5741.

Информацию о текущем статусе документа, ошибках и способах обратной связи можно найти по ссылке <http://www.rfc-editor.org/info/rfc6956>.

Авторские права

Авторские права (Copyright (c) 2010) принадлежат IETF Trust и лицам, указанным в качестве авторов документа. Все права защищены.

К документу применимы права и ограничения, указанные в BCP 78 и IETF Trust Legal Provisions и относящиеся к документам IETF (<http://trustee.ietf.org/license-info>), на момент публикации данного документа. Прочтите упомянутые документы внимательно. Фрагменты программного кода, включённые в этот документ, распространяются в соответствии с упрощённой лицензией BSD, как указано в параграфе 4.e документа IETF Trust Legal Provisions, без каких-либо гарантий (как указано в Simplified BSD License).

Оглавление

1. Введение.....	3
2. Терминология и соглашения.....	3
2.1. Уровни требований.....	3
2.2. Определения.....	3
3. Обзор.....	4
3.1. Область действия библиотеки.....	4
3.2. Обзор классов LFB в библиотеке.....	5
3.2.1. Варианты устройства LFB.....	5
3.2.2. Группировки классов LFB.....	5
3.2.3. Sample LFB Class Application.....	6
3.3. Структура документа.....	6
4. Базовые типы.....	6
4.1. Типы данных.....	7
4.1.1. Atomic.....	7
4.1.2. Структуры.....	7
4.1.3. Массивы.....	7
4.2. Типы кадров.....	7
4.3. Типы метаданных.....	7
4.4. XML для библиотеки базовых типов.....	8
5. Описания классов LFB.....	22
5.1. LFB для обработки Ethernet.....	22

¹Logical Function Block.

²Forwarding and Control Element Separation - разделение элементов пересылки и управления.

³Forwarding Element.

⁴Internet Engineering Task Force - комиссия по решению инженерных задач Internet.

⁵Internet Engineering Steering Group - комиссия по инженерным разработкам Internet.

5.1.1. EtherPHYCop.....	22
5.1.1.1. Обработка данных.....	22
5.1.1.2. Компоненты.....	22
5.1.1.3. Возможности.....	23
5.1.1.4. События.....	23
5.1.2. EtherMACIn.....	23
5.1.2.1. Обработка данных.....	23
5.1.2.2. Компоненты.....	23
5.1.2.3. Возможности.....	24
5.1.2.4. События.....	24
5.1.3. EtherClassifier.....	24
5.1.3.1. Обработка данных.....	24
5.1.3.2. Компоненты.....	24
5.1.3.3. Возможности.....	24
5.1.3.4. События.....	24
5.1.4. EtherEncap.....	25
5.1.4.1. Обработка данных.....	25
5.1.4.2. Компоненты.....	25
5.1.4.3. Возможности.....	25
5.1.4.4. События.....	25
5.1.5. EtherMACOut.....	25
5.1.5.1. Обработка данных.....	25
5.1.5.2. Компоненты.....	26
5.1.5.3. Возможности.....	26
5.1.5.4. События.....	26
5.2. LFB для проверки пакетов IP.....	26
5.2.1. IPv4Validator.....	26
5.2.1.1. Обработка данных.....	26
5.2.1.2. Компоненты.....	27
5.2.1.3. Возможности.....	27
5.2.1.4. События.....	27
5.2.2. IPv6Validator.....	27
5.2.2.1. Обработка данных.....	27
5.2.2.2. Компоненты.....	27
5.2.2.3. Возможности.....	27
5.2.2.4. События.....	27
5.3. LFB для пересылки IP.....	27
5.3.1. IPv4UcastLPM.....	28
5.3.1.1. Обработка данных.....	28
5.3.1.2. Компоненты.....	28
5.3.1.3. Возможности.....	28
5.3.1.4. События.....	28
5.3.2. IPv4NextHop.....	28
5.3.2.1. Обработка данных.....	28
5.3.2.2. Компоненты.....	29
5.3.2.3. Возможности.....	29
5.3.2.4. События.....	29
5.3.3. IPv6UcastLPM.....	29
5.3.3.1. Обработка данных.....	29
5.3.3.2. Компоненты.....	30
5.3.3.3. Возможности.....	30
5.3.3.4. События.....	30
5.3.4. IPv6NextHop.....	30
5.3.4.1. Обработка данных.....	30
5.3.4.2. Компоненты.....	30
5.3.4.3. Возможности.....	31
5.3.4.4. События.....	31
5.4. LFB для перенаправления.....	31
5.4.1. RedirectIn.....	31
5.4.1.1. Обработка данных.....	31
5.4.1.2. Компоненты.....	31
5.4.1.3. Возможности.....	31
5.4.1.4. События.....	31
5.4.2. RedirectOut.....	31
5.4.2.1. Обработка данных.....	31
5.4.2.2. Компоненты.....	32
5.4.2.3. Возможности.....	32
5.4.2.4. События.....	32
5.5. LFB общего назначения.....	32
5.5.1. BasicMetadataDispatch.....	32
5.5.1.1. Обработка данных.....	32
5.5.1.2. Компоненты.....	32
5.5.1.3. Возможности.....	32
5.5.1.4. События.....	32
5.5.2. GenericScheduler.....	32
5.5.2.1. Обработка данных.....	32
5.5.2.2. Компоненты.....	33

5.5.2.3. Возможности.....	33
5.5.2.4. События.....	33
6. XML для библиотеки LFB.....	33
7. Примеры использования классов LFB.....	48
7.1. Пересылка IPv4.....	48
7.2. Обработка ARP.....	49
8. Взаимодействие с IANA.....	50
8.1. Имена и идентификаторы классов LFB.....	50
8.2. Идентификаторы метаданных.....	51
8.3. Exception ID.....	51
8.4. Validate Error ID.....	51
9. Вопросы безопасности.....	51
10. Литература.....	52
10.1. Нормативные документы.....	52
10.2. Дополнительная литература.....	52
Приложение А. Благодарности.....	52
Приложение В. Участники работы.....	52

1. Введение

[RFC3746] определяет модель разделения элементов управления и пересылки ForCES. В этой модели элементы управления CE (Control Element) настраивают и поддерживают один или множество элементов пересылки FE (Forwarding Element) внутри сетевого элемента NE (Network Element) с помощью протокола ForCES, спецификация которого приведена в [RFC5810]. Модель элемента пересылки определена в [RFC5812]. В этой модели ресурсы FE описываются классами логических функциональных блоков LFB. Модель FE определяет структуру и абстрактную семантику LFB, а также предоставляет схему XML для определения LFB.

Этот документ соответствует спецификации модели FE [RFC5812] и задаёт детальные определения классов LFB, включая подробные XML-определения LFB. Эти LFB формируют базовую библиотеку LFB для ForCES. Предполагается, что LFB в базовой библиотеке комбинируются для формирования топологии LFB в типовом маршрутизаторе для реализации пересылки IP. Следует подчеркнуть, что LFB является абстракцией функций и не включает деталей реализации. Целью определения LFB является представление функций для обеспечения взаимодействия между различными элементами CE и FE.

В будущем могут быть разработаны новые классы LFB с новыми функциями, которые будут документированы IETF. Производители также могут создавать фирменные LFB, как описано в модели FE [RFC5812].

2. Терминология и соглашения

2.1. Уровни требований

Ключевые слова **необходимо** (MUST), **недопустимо** (MUST NOT), **требуется** (REQUIRED), **нужно** (SHALL), **не нужно** (SHALL NOT), **следует** (SHOULD), **не следует** (SHOULD NOT), **рекомендуется** (RECOMMENDED), **не рекомендуется** (NOT RECOMMENDED), **возможно** (MAY), **необязательно** (OPTIONAL) в данном документе интерпретируются в соответствии с [RFC2119].

2.2. Определения

Этот документ следует терминологии, определённой протоколом ForCES в [RFC5810] и моделью ForCES FE в [RFC5812]. Ниже определения терминов повторены для удобства.

Control Element (CE) - элемент управления

Логический объект, который реализует протокол ForCES и инструктирует один или множество FE по части обработки пакетов. Функциональность CE включает исполнение протоколов управления и сигнализации.

Forwarding Element (FE) - элемент пересылки

Логический элемент, реализующий протокол ForCES. Элементы FE используют базовое оборудование для обработки каждого пакета и управляются (контролируются) одним или множеством CE по протоколу ForCES.

ForCES Network Element (NE) - элемент сети ForCES

Объект, состоящий из одного или множества CE и одного или множества FE. Для внешних наблюдателей NE представляется единой точкой управления и скрывает свою внутреннюю структуру от внешних наблюдателей.

Logical Function Block (LFB) - логический функциональный блок

Базовый блок, с которым работает протокол ForCES. LFB - это чётко определённый, логически разделяемый функциональный блок, который размещается в FE и управляется CE по протоколу ForCES. LFB может размещаться в пути данных FE и обрабатывать потоки, а может быть чистым объектом управления и настройки FE, с которым работает CE. Отметим, что LFB является функционально точной абстракцией возможностей обработки FE, а не точным аппаратным представлением реализации FE.

FE Model - модель FE

Модель FE разработана для представления логических функций обработки элемента FE, как определено в модели ForCES FE [RFC5812]. Предложенная в этом документе модель FE включает три компоненты - модели LFB для отдельных блоков LFB (модель LFB), логических соединений между LFB (топология LFB) и атрибутов уровня FE, включая возможности FE. Модель FE обеспечивает основу для определения информационных элементов, передаваемых между CE и FE по протоколу ForCES [RFC5810].

FE Topology - топология FE

Представление соединений между множеством FE в одном NE. Иногда это называют внешней топологией FE, чтобы отличать от внутренней топологии FE (т. е. топологии LFB).

LFB Class and LFB Instance - класс и экземпляр LFB

LFB делятся на классы. Экземпляр LFB представляет существование класса (или типа) LFB. В FE может присутствовать множество экземпляров одного класса (или типа) LFB. Класс LFB представляется идентификатором класса и экземпляром LFB, представленным идентификатором экземпляра. В результате идентификатор класса и связанный с ним идентификатор экземпляра однозначно указывают наличие LFB.

LFB Meta Data - метаданные LFB

Метаданные служат для передачи информации о состоянии на уровне отдельного пакета из одного блока LFB в другой, но без передаче через сеть. Модель FE определяет для таких данных идентификацию, обработку, и восприятие (потребление) другими LFB. Модель определяет функциональность, но не задаёт представления метаданных внутри реализации.

LFB Component - компонента LFB

Рабочие параметры LFB, которые должны быть видимы для элементов CE и концептуально заданы моделью FE как компоненты LFB. Эти компоненты включают, например, флаги, аргументы отдельных параметров, комплексные аргументы и таблицы, которые элемент CE может читать и/или записывать по протоколу ForCES (см. ниже).

LFB Topology - топология LFB

Представление логических связей между экземплярами LFB и их размещения в пути данных внутри одного элемента FE. Иногда используется термин «внутренняя топология FE», но не следует путать её с топологией соединений между FE (inter-FE topology).

Data Path - путь (передачи) данных

Концептуальный путь, по которому пакеты проходят через уровень пересылки внутри FE. Отметим, что в FE может существовать более одного пути данных.

ForCES Protocol - протокол ForCES

Хотя в рамках архитектуры ForCES может применяться множество протоколов, термины «протокол ForCES» и «протокол» относятся к опорным точкам Fp в модели ForCES [RFC3746]. Этот протокол не применяется к взаимодействиям между элементами CE, а также между элементами FE или между менеджерами FE и CE. В базовом варианте протокол ForCES работает в режиме «ведущий-ведомый» (master-slave), где элементы FE являются ведомыми, а CE - ведущими.

Physical Port - физический порт

Входной или выходной порт FE, соединённый с физической средой передачи. Физическим портам обычно назначаются идентификаторы, обозначаемые в форме PHYPortID. В этом документе в основном рассматриваются физические порты Ethernet.

Logical Port - логический порт

Виртуальный порт на канальном (L2) или сетевом (L3) уровне. Логическим портам обычно назначаются идентификаторы, обозначаемые LogicalPortID. Логические порты могут быть разделены по уровням L2 и L3. Логическому порту L2 может быть назначен идентификатор вида L2PortID, а логическому порту L3 - L3PortID. Порты VLAN уровня MAC относятся к логическим портам уровня L2.

LFB Port - порт LFB

Точка соединения, в которой один блок LFB может соединяться в другом внутри FE. Как указано в [RFC5812], элемент CE может соединять LFB между собой путём организации соединения между выходным портом одного экземпляра LFB и входным портом другого экземпляра. Более подробно это описано в параграфе 3.2 [RFC5812].

Singleton Port - одиночный порт

Именованный входной или выходной порт LFB. Такие порты указываются по именам. Когда контекст это позволяет, термин «одиночный» (singleton) используется для указания одиночного порта.

Group Port - групповой порт

Именованный набор входных или выходных портов LFB. Групповые порты указываются по именам. Групповой порт состоит из множества экземпляров портов, которые указываются комбинацией имени и индекса (номера).

LFB Class Library - библиотека классов LFB

Библиотека классов LFB представляет собой набор классов LFB, которые были определены как базовые функции для многих FE, и поэтому должны быть определены рабочей группой ForCES. Данный документ определяет библиотеку классов LFB.

3. Обзор

3.1. Область действия библиотеки

Предполагается, что описанные здесь классы LFB предназначены для выполнения функций типичного маршрутизатора. В [RFC1812] указано, что типичный маршрутизатор должен выполнять перечисленные ниже функции.

- (1) Интерфейс в пакетные сети и реализацию функций, требуемых этими сетями. Эти функции обычно включают:
 - инкапсуляцию и декапсуляцию дейтаграмм IP с кадрованием подключенной сети (например, заголовок и контрольная сумма Ethernet);
 - приём и передачу дейтаграмм IP вплоть до максимального размера, поддерживаемого сетью (MTU¹);
 - трансляция IP-адреса получателя в подходящий адрес сетевого уровня для подключенной сети (например, в аппаратный адрес Ethernet) при необходимости;
 - отклик на сетевое управление потоком данных и индикацию ошибок (при их наличии).
- (2) Соответствие протоколам Internet, включая IP (IPv4 и/или IPv6), ICMP² и другие требуемые протоколы.
- (3) Приём и пересылка дейтаграмм IP управлением буферами, контролем перегрузки и беспристрастностью.
 - Распознавание ошибок и генерация сообщений ICMP и другой информации при необходимости.
 - Отбрасывание дейтаграмм с истекшим сроком жизни (TTL = 0).
 - Фрагментирование дейтаграмм при необходимости в соответствии со значением MTU на следующем канале или интерфейсе.
- (4) Выбор следующего интервала (next-hop) на пути к адресату для каждой дейтаграммы IP на основе данных из таблицы маршрутов.

¹Maximum Transmission Unit - максимальный размер передаваемого блока.

²Internet Control Message Protocol - протокол управляющих сообщений Internet.

- (5) Обычно поддержка протокола IGP¹ для поддержки распределенной маршрутизации и алгоритмов определения доступности с другими маршрутизаторами в своей автономной системе. В дополнение к этому некоторые маршрутизаторы должны поддерживать протокол EGP² для обмена топологической информацией с другими автономными системами. Для всех маршрутизаторов важна возможность поддержки таблицы статических маршрутов.
- (6) Поддержка сетевого управления и системных функций, включая загрузку, отладку, отчёты о состоянии, запросы статистики, отчёты об исключительных ситуациях и управление.

Классический маршрутизатор IP, использующий схему ForCES, представляет собой CE, на котором работает управляющая функция IGP и/или EGP или некий набор статических маршрутов, а FE реализуются с помощью LFB, соответствующих спецификации модели FE [RFC5812]. CE в соответствии с протоколом ForCES [RFC5810] и моделью FE [RFC5812] указывает блокам LFB в FE способы обработки принимаемых и передаваемых пакетов.

Пакеты в маршрутизаторах IP принимаются и передаются в физическую среду через устройство, обычно называемое портом. Разные физические среды используют разные способы для инкапсуляции исходящих кадров и декапсуляции входящих. У различных сред будут также разные атрибуты, влияющие на поведение среды и инкапсуляцию-декапсуляцию кадров. В этом документе рассматриваются лишь физические среды Ethernet, а в будущем могут быть описаны и другие варианты. В этом документе портом называется также абстракция, включающая физический уровень (PHY) и уровень MAC³, которые описываются LFB EtherPHYCop, EtherMACIn и EtherMACOut.

Пакеты IP выходят из портов LFB и затем обрабатываются проверочными LFB до пересылки следующему LFB. После проверки пакет передаётся блоку LFB, где принимается решение о пересылке IP. В LFB пересылки IP применяются Longest Prefix Match LFB для поиска информации о получателе в пакете и выбора следующего интервала (next-hop) пересылки в направлении адресата. Блок next-hop LFB использует метаданные next-hop для создания нужного заголовка пакета IP и передачи пакета в нужный выход. Отметим, что рассмотрение обработки пакета IP в этом документе основано на модели «слабого хоста» (weak-host) [RFC1122], поскольку она лучше всего подходит для обработки пакетов в NE.

3.2. Обзор классов LFB в библиотеке

Важно разделить функциональные требования по разным классам LFB и создать типовую, но достаточно гибкую базовую библиотеку LFB для разных устройств пересылки IP.

3.2.1. Варианты устройства LFB

При выборе базовых LFB были учтены несколько принципов проектирования, приведённых ниже.

- Если функцию можно реализовать в одном или нескольких LFB, выбирался вариант с несколькими LFB для повышения уровня гибкости.
- В LFB следует максимально использовать независимость и минимальные привязки к другим LFB. Связывание LFB может задаваться определениями атрибутов, а также физическими реализациями.
- При отсутствии явных различий в функциональности аналогичную обработку пакетов не следует представлять одновременно в нескольких LFB базовой библиотеки. Например, не следует определять два разных LFB для одной обработки next-hop, поскольку это будет осложнять совместимость и взаимодействие реализаций.

3.2.2. Группировки классов LFB

Этот документ определяет группы LFB в соответствии с потребностями типового маршрутизатора.

- (1) Группа LFB для обработки Ethernet определяется для абстрагирования обработки пакетов в средах Ethernet. Поскольку Ethernet является наиболее распространенным типом сред передачи с широкими возможностями обработки, эта группа LFB является логичным и естественным выбором. Определения обработки для портов иных типов сред, таких как POS⁴ и ATM⁵ могут быть добавлены в будущую версию документа или в отдельные документы. Для обработки Ethernet определены несколько LFB:
 - EtherPHYCop (параграф 5.1.1)
 - EtherMACIn (параграф 5.1.2)
 - EtherClassifier (параграф 5.1.3)
 - EtherEncap (параграф 5.1.4)
 - EtherMACOut (параграф 5.1.5)
- (2) Определена группа LFB для проверки пакетов IP:
 - IPv4Validator (параграф 5.2.1)
 - IPv6Validator (параграф 5.2.2)
- (3) Определена группа LFB для абстрагирования пересылки IP:
 - IPv4UcastLPM (параграф 5.3.1)
 - IPv4NextHop (параграф 5.3.2)
 - IPv6UcastLPM (параграф 5.3.3)

¹Interior gateway protocol - протокол внутреннего шлюза.

²Exterior gateway protocol - протокол внешнего шлюза.

³Media Access Control - контроль доступа к среде.

⁴Packet over SONET - пакеты в SONET.

⁵Asynchronous Transfer Mode - асинхронный режим передачи.

- IPv6NextHop (параграф 5.3.4)
- (4) Определена группа LFB для абстрагирования перенаправления, т. е. пересылки пакетов между CE и FE:
 - RedirectIn (параграф 5.4.1)
 - RedirectOut (параграф 5.4.2)
- (5) Определена группа LFB для абстрагирования некоторых операций обработки общего назначения, которые обычно выполняются во многих местах топологии FE LFB:
 - BasicMetadataDispatch (параграф 5.5.1)
 - GenericScheduler (параграф 5.5.2)

3.2.3. Sample LFB Class Application

Хотя в разделе 7 будут представлены примеры использования LFB, определённых в этом документе, этот параграф также содержит простой пример использования класса LFB.

На рисунке 1 показан простой блок LFB для пути обработки пакетов Ethernet, приходящих из физических портов.

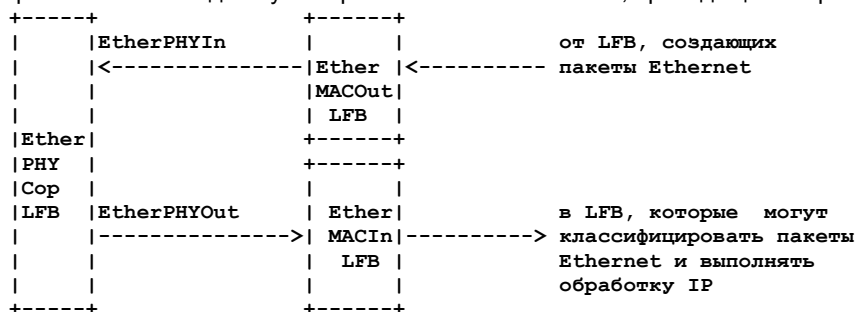


Рисунок 1. Простой пример использования Sample LFB.

На этом рисунке пакеты Ethernet из внешних сетей приходят через EtherPHYCop LFB (параграф 5.1.1), описывающий свойства электрического интерфейса Ethernet (такие, как скорость) на физическом уровне. После обработки на физическом уровне пакеты Ethernet доставляются в EtherMACIn LFB (параграф 5.1.2) для описания функций обработки MAC-уровня (таких, как проверка локальности). После EtherMACIn LFB может потребоваться дополнительная обработка пакетов для реализации различных функций (таких, как пересылка IP), поэтому за EtherMACIn LFB в топологии могут следовать другие LFB, выполняющие такие функции.

Пакеты, созданные теми или иными LFB, может потребоваться передавать во внешние физические сети. Процесс описан на рисунке блоками EtherMACOut LFB (параграф 5.1.5) уровня MAC и EtherPHYCop LFB физического уровня.

3.3. Структура документа

Базовые определения типов, включая типы данных, кадров с пакетами и метаданных, представлены заранее для определения различных классов LFB. Раздел 4 содержит описания базовых типов, используемых этой библиотекой LFB. Для обеспечения возможности широкого использования этих базовых типов другими определениями классов LFB базовые типы заданы в отдельной библиотеке.

В каждой группе классов LFB определяются LFB для выполнения отдельных функций. В разделе 5 приведены описания отдельных LFB. Отметим, что для полного определения LFB нужно текстовое описание и определение XML.

Классы LFB окончательно определяются в XML со спецификациями и схемами, заданными в модели ForCES FE [RFC5812]. Раздел 6 содержит полные определения базовой библиотеки классов LFB.

В разделе 7 рассматриваются примеры реализации некоторых функций типового маршрутизатора на основе определённой в этом документе базовой библиотеки LFB.

4. Базовые типы

Модель FE [RFC5812] задаёт предопределённые (встроенные) неделимые (atomic) типы данных: char, uchar, int16, uint16, int32, uint32, int64, uint64, string[N], string, byte[N], boolean, octetstring[N], float16, float32 и float64.

Отметим, что в отличие от информационной модели SNMP¹, называемой SMI² [RFC2578], модель FE не определяет конкретных неделимых типов данных для целей учёта. Для описания элементов LFB, относящихся к статистике пакетов, которым обычно нужны счётчики пакетов, приспособлены целые числа без знака, такие как uint32 или uint64. Этот документ указывает, что любой элемент LFB, определённый для целей подсчёта, монотонно возрастает до достижения максимального значения, затем сбрасывается в 0 и снова монотонно возрастает. В документе также указано, что способы поддержки целочисленных элементов без знака может поддерживаться в случае разрыва или сброса счётчика определяются реализацией. Если предполагается, что CE придаёт значениям счётчиков больше смысла, чем указано выше, может потребоваться частное определение элемента между CE и FE.

На основе неделимых (atomic) типов данных можно определять типы кадров с пакетами, типы метаданных и новые типы данных с использованием элементов определения типов в схеме XML модели FE.

Для определения базовой библиотеки LFB с функциями типового маршрутизатора нужно задать базовые типы данных, типы кадров и метаданных. В этом разделе приводится краткое описание базовых типов и полное определение XML.

Определения XML для базовых типов представлены в отдельной библиотеке XML с именем BaseTypeLibrary, которую можно указать, как показано ниже.

¹Simple Network Management Protocol - простой протокол сетевого управления.

²Structure of Management Information - структура управляющей информации.

```
<load library="BaseTypeLibrary" location="..." />
```

4.1. Типы данных

Определённые в базовой библиотеке типы включают неделимые элементы, структуры и массивы.

4.1.1. Atomic

Ниже перечислены типы данных, определённые как неделимые (atomic) в базовой библиотеке.

Имя	Описание
IPv4Addr	Адрес IPv4
IPv6Addr	Адрес IPv6
IEEEMAC	Адрес IEEE MAC
LANSpeedType	Скорость ЛВС
DuplexType	Режим дуплекса
PortStatusType	Возможные типы состояния порта (административного и рабочего)
VlanIDType	Идентификатор VLAN
VlanPriorityType	Приоритет VLAN
SchdDisciplineType	Дисциплина планирования

4.1.2. Структуры

Ниже перечислены структурные типы данных, определённые в базовой библиотеке.

Имя	Описание
EtherDispatchEntryType	Тип записи для таблицы диспетчеризации Ethernet
VlanInputTableEntryType	Тип записи для входной таблицы VLAN
EncapTableEntryType	Тип записи для таблицы инкапсуляции Ethernet
MACInStatsType	Тип статистики для EtherMACIn LFB
MACOutStatsType	Тип статистики для EtherMACOut LFB
EtherClassifyStatsType	Тип записи для таблицы статистики в EtherClassifier LFB
IPv4PrefixInfoType	Тип записи для таблицы префиксов IPv4
IPv6PrefixInfoType	Тип записи для таблицы префиксов IPv6
IPv4NextHopInfoType	Тип записи для таблицы next-hop IPv4
IPv6NextHopInfoType	Тип записи для таблицы next-hop IPv6
IPv4ValidatorStatsType	Тип статистики в IPv4validator LFB
IPv6ValidatorStatsType	Тип статистики в IPv6validator LFB
IPv4UcastLPMStatsType	Тип статистики в IPv4UcastLPM LFB
IPv6UcastLPMStatsType	Тип статистики в IPv6UcastLPM LFB
QueueStatsType	Тип записи для таблицы глубины очередей
MetadataDispatchType	Тип записи для таблицы диспетчеризации метаданных

4.1.3. Массивы

Массивы чаще всего создаются на основе структур для использования в табличных компонентах LFB. Определённые в базовой библиотеке типы массивов перечислены ниже.

Имя	Описание
EtherClassifyStatsTableType	Тип для таблицы статистики классификатора Ethernet
EtherDispatchTableType	Тип для таблицы диспетчеризации Ethernet
VlanInputTableType	Тип для входной таблицы VLAN
EncapTableType	Тип для таблицы инкапсуляции Ethernet
IPv4PrefixTableType	Тип для таблицы префиксов IPv4
IPv6PrefixTableType	Тип для таблицы префиксов IPv6
IPv4NextHopTableType	Тип для таблицы next-hop IPv4
IPv6NextHopTableType	Тип для таблицы next-hop IPv6
MetadataDispatchTableType	Тип записи для таблицы глубины очередей
QueueStatsTableType	Тип записи для таблицы диспетчеризации метаданных

4.2. Типы кадров

В соответствии с моделью FE [RFC5812] типы кадров применяются в определениях LFB для задания пакетов, которые LFB ожидает на входных портах и передаёт в выходной. Для определения новых типов кадров служит элемент <frameDef> модели FE.

Определённые в базовой библиотеке типы кадров перечислены в таблице.

Имя	Описание
EthernetII	Кадр Ethernet II
ARP	Кадр с пакетом ARP
IPv4	Кадр с пакетом IPv4
IPv6	Кадр с пакетом IPv6
IPv4Unicast	Кадр с индивидуальным пакетом IPv4
IPv4Multicast	Кадр с групповым пакетом IPv4
IPv6Unicast	Кадр с индивидуальным пакетом IPv6
IPv6Multicast	Кадр с групповым пакетом IPv6
Arbitrary	Кадр с пакетом произвольного типа

4.3. Типы метаданных

Метаданные LFB служат для передачи связанных с пакетом состояний из одного блока LFB в другой. Для определения типов метаданных служит элемент <metadataDef> модели FE.

Определённые в базовой библиотеке типы метаданных перечислены в таблице.

Имя	Идентификатор	Описание
PHYPortID	1	Метаданные, указывающие идентификатор физического порта
SrcMAC	2	Метаданные, указывающие MAC-адрес отправителя
DstMAC	3	Метаданные, указывающие MAC-адрес получателя
LogicalPortID	4	Метаданные, указывающие идентификатор логического порта
EtherType	5	Метаданные, указывающие тип Ethernet
VlanID	6	Метаданные, указывающие идентификатор VLAN
VlanPriority	7	Метаданные, указывающие приоритет VLAN
NextHopIPv4Addr	8	Метаданные, указывающие адрес следующего интервала IPv4
NextHopIPv6Addr	9	Метаданные, указывающие адрес следующего интервала IPv6
HopSelector	10	Метаданные, указывающие селектор интервала
ExceptionID	11	Метаданные типов исключительных случаев при обработке LFB
ValidateErrorID	12	Метаданные типов ошибок при прохождении пакетом процесса проверки
L3PortID	13	Метаданные, указывающие идентификатор логического порта L3
RedirectIndex	14	Метаданные, которые CE передаёт в RedirectIn LFB, указывая пакет, связанный с индексом выходной группы портов LFB
MediaEncapInfoIndex	15	Ключ пакета при поиске в таблице LFB для выбора типа инкапсуляции

4.4. XML для библиотеки базовых типов

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<LFBLibrary xmlns="urn:iETF:params:xml:ns:forces:lfbmodel:1.0"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  provides="BaseTypeLibrary">
  <frameDefs>
    <frameDef>
      <name>EthernetAll</name>
      <synopsis>Пакет с любым типом Ethernet</synopsis>
    </frameDef>
    <frameDef>
      <name>EthernetII</name>
      <synopsis>Пакет типа Ethernet II</synopsis>
    </frameDef>
    <frameDef>
      <name>ARP</name>
      <synopsis>Пакет ARP</synopsis>
    </frameDef>
    <frameDef>
      <name>IPv4</name>
      <synopsis>Пакет IPv4</synopsis>
    </frameDef>
    <frameDef>
      <name>IPv6</name>
      <synopsis>Пакет IPv6</synopsis>
    </frameDef>
    <frameDef>
      <name>IPv4Unicast</name>
      <synopsis>Индивидуальный пакет IPv4</synopsis>
    </frameDef>
    <frameDef>
      <name>IPv4Multicast</name>
      <synopsis>Групповой пакет IPv4</synopsis>
    </frameDef>
    <frameDef>
      <name>IPv6Unicast</name>
      <synopsis>Индивидуальный пакет IPv6</synopsis>
    </frameDef>
    <frameDef>
      <name>IPv6Multicast</name>
      <synopsis>Групповой пакет IPv6</synopsis>
    </frameDef>
    <frameDef>
      <name>Arbitrary</name>
      <synopsis>Любой тип пакета</synopsis>
    </frameDef>
  </frameDefs>
  <dataTypeDefs>
    <dataTypeDef>
      <name>IPv4Addr</name>
      <synopsis>Адрес IPv4</synopsis>
      <typeRef>byte[4]</typeRef>
    </dataTypeDef>
    <dataTypeDef>
      <name>IPv6Addr</name>
      <synopsis>Адрес IPv6</synopsis>
      <typeRef>byte[16]</typeRef>
    </dataTypeDef>
    <dataTypeDef>
      <name>IEEEMAC</name>
      <synopsis>Адрес IEEE MAC</synopsis>
      <typeRef>byte[6]</typeRef>
    </dataTypeDef>
    <dataTypeDef>
      <name>LANSpeedType</name>
      <synopsis>Скорость ЛВС</synopsis>
    </dataTypeDef>
  </dataTypeDefs>
</LFBLibrary>
```



```

<atomic>
  <baseType>uint32</baseType>
  <specialValues>
    <specialValue value="0x00000000">
      <name>LAN_SPEED_NONE</name>
      <synopsis>Ничего не подключено</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x00000001">
      <name>LAN_SPEED_10M</name>
      <synopsis>10M Ethernet</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x00000002">
      <name>LAN_SPEED_100M</name>
      <synopsis>100M Ethernet</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x00000003">
      <name>LAN_SPEED_1G</name>
      <synopsis>1G Ethernet</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x00000004">
      <name>LAN_SPEED_10G</name>
      <synopsis>10G Ethernet</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x00000005">
      <name>LAN_SPEED_40G</name>
      <synopsis>40G Ethernet</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x00000006">
      <name>LAN_SPEED_100G</name>
      <synopsis>100G Ethernet</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x00000007">
      <name>LAN_SPEED_400G</name>
      <synopsis>400G Ethernet</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x00000008">
      <name>LAN_SPEED_1T</name>
      <synopsis>1T Ethernet</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x00000009">
      <name>LAN_SPEED_OTHER</name>
      <synopsis>Другие скорости ЛБС</synopsis>
    </specialValue>
    <specialValue value="0x0000000A">
      <name>LAN_SPEED_AUTO</name>
      <synopsis>Автоматическое согласование скорости ЛБС</synopsis>
    </specialValue>
  </specialValues>
</atomic>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>DuplexType</name>
  <synopsis>Тип режима дуплекса</synopsis>
  <atomic>
    <baseType>uint32</baseType>
    <specialValues>
      <specialValue value="0x00000001">
        <name>Auto</name>
        <synopsis>Автоматическое согласование</synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="0x00000002">
        <name>HalfDuplex</name>
        <synopsis>Полудуплекс</synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="0x00000003">
        <name>FullDuplex</name>
        <synopsis>Полный дуплекс</synopsis>
      </specialValue>
    </specialValues>
  </atomic>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>PortStatusType</name>
  <synopsis>
    Тип для состояния порта (административного и рабочего).
  </synopsis>
  <atomic>
    <baseType>uchar</baseType>
    <specialValues>
      <specialValue value="0">
        <name>Disabled</name>
        <synopsis>Порт отключён</synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="1">
        <name>Up</name>
        <synopsis>Порт активен</synopsis>
      </specialValue>
    </specialValues>
  </atomic>

```

```
</specialValue>
<specialValue value="2">
  <name>Down</name>
  <synopsis>Порт не активен</synopsis>
</specialValue>
</specialValues>
</atomic>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>MACInStatsType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для статистики в EtherMACIn LFB.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>NumPacketsReceived</name>
      <synopsis>Число принятых пакетов</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>NumPacketsDropped</name>
      <synopsis>Число отброшенных пакетов</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>MACOutStatsType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для статистики в EtherMACOut LFB.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>NumPacketsTransmitted</name>
      <synopsis>Число переданных пакетов</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>NumPacketsDropped</name>
      <synopsis>Число отброшенных пакетов</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>EtherDispatchEntryType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для записи таблицы диспетчеризации Ethernet
    в EtherClassifier LFB.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>LogicalPortID</name>
      <synopsis>Идентификатор логического порта</synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>EtherType</name>
      <synopsis>Тип Ethernet в пакете Ethernet.</synopsis>
      <typeRef>uint16</typeRef>
    </component>
    <component componentID="3">
      <name>Reserved</name>
      <synopsis>
        Пространство резервных битов в основном для
        заполнения и эффективной упаковки.
      </synopsis>
      <typeRef>uint16</typeRef>
    </component>
    <component componentID="4">
      <name>LFBOutputSelectIndex</name>
      <synopsis>
        Индекс пакета для выбора экземпляра в группе
        выходных портов EtherClassifier LFB для вывода.
      </synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>EtherDispatchTableType</name>
  <synopsis>
    Тип данных, определённый для таблицы диспетчеризации Ethernet
    в EtherClassifier LFB. Таблица является массивом записей
    с типом данных EtherDispatchEntryType.
  </synopsis>
</dataTypeDef>
```

```

    <array type="variable-size">
      <typeRef>EtherDispatchEntryType</typeRef>
    </array>
  </dataTypeDef>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>VlanIDType</name>
  <synopsis>Тип данных для VLAN ID</synopsis>
  <atomic>
    <baseType>uint16</baseType>
    <rangeRestriction>
      <allowedRange min="0" max="4095"/>
    </rangeRestriction>
  </atomic>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>VlanPriorityType</name>
  <synopsis>Тип данных для приоритета VLAN</synopsis>
  <atomic>
    <baseType>uchar</baseType>
    <rangeRestriction>
      <allowedRange min="0" max="7"/>
    </rangeRestriction>
  </atomic>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>VlanInputTableEntryType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для записи входной таблицы VLAN в EtherClassifier
    LFB. Каждая запись содержит идентификатор входного порта,
    VLAN ID и идентификатор логического порта. Каждому входящему
    пакету назначается идентификатор логического порта в соответствии
    идентификатором входного порта и VLAN ID.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>IncomingPortID</name>
      <synopsis>Идентификатор входного порта</synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>VlanID</name>
      <synopsis>Идентификатор VLAN</synopsis>
      <typeRef>VlanIDType</typeRef>
    </component>
    <component componentID="3">
      <name>Reserved</name>
      <synopsis>
        Пространство резервных битов в основном для
        заполнения и эффективной упаковки.
      </synopsis>
      <typeRef>uint16</typeRef>
    </component>
    <component componentID="4">
      <name>LogicalPortID</name>
      <synopsis>Идентификатор логического порта</synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>VlanInputTableType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для входной таблицы VLAN в EtherClassifier LFB.
    Таблица является массивом записей VlanInputTableEntryType.
  </synopsis>
  <array type="variable-size">
    <typeRef>VlanInputTableEntryType</typeRef>
  </array>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>EtherClassifyStatsType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для записи таблицы статистики в EtherClassifier LFB.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>EtherType</name>
      <synopsis>Тип Ethernet для пакета Ethernet.</synopsis>
      <typeRef>uint16</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>Reserved</name>
      <synopsis>
        Пространство резервных битов в основном для
        заполнения и эффективной упаковки.
      </synopsis>
    </component>
  </struct>

```

```

    <typeRef>uint16</typeRef>
  </component>
  <component componentID="3">
    <name>PacketsNum</name>
    <synopsis>Число пакетов</synopsis>
    <typeRef>uint64</typeRef>
  </component>
</struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>EtherClassifyStatsTableType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для таблицы статистики в EtherClassifier LFB.
  </synopsis>
  <array type="variable-size">
    <typeRef>EtherClassifyStatsType</typeRef>
  </array>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>IPv4ValidatorStatsType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для статистики в IPv4validator LFB.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>badHeaderPkts</name>
      <synopsis>Число пакетов с непригодным заголовком</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>badTotalLengthPkts</name>
      <synopsis>
        Число пакетов с некорректным общим размером
      </synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
    <component componentID="3">
      <name>badTTLPkts</name>
      <synopsis>Число пакетов с некорректным TTL</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
    <component componentID="4">
      <name>badChecksumPkts</name>
      <synopsis>Число пакетов с ошибкой контрольной суммы</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>IPv6ValidatorStatsType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для статистики в IPv6validator LFB.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>badHeaderPkts</name>
      <synopsis>Число пакетов с непригодным заголовком</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>badTotalLengthPkts</name>
      <synopsis>
        Число пакетов с некорректным общим размером
      </synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
    <component componentID="3">
      <name>badHopLimitPkts</name>
      <synopsis>
        Число пакетов с некорректным TTL hop limit.
      </synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>IPv4PrefixInfoType</name>
  <synopsis>Тип данных для записей префиксов IPv4 в таблице IPv4UcastLPM LFB. Адрес получателя IPv4 в каждом входном пакете служит ключом поиска в таблице для определения селектора следующего интервала пересылки.</synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>IPv4Address</name>
      <synopsis>Адрес IPv4 для получателя</synopsis>
      <typeRef>IPv4Addr</typeRef>
    </component>
  </struct>

```

```

</component>
<component componentID="2">
  <name>Prefixlen</name>
  <synopsis>Размер префикса</synopsis>
  <atomic>
    <baseType>uchar</baseType>
    <rangeRestriction>
      <allowedRange min="0" max="32"/>
    </rangeRestriction>
  </atomic>
</component>
<component componentID="3">
  <name>ECMPFlag</name>
  <synopsis>Флаг ECMP</synopsis>
  <atomic>
    <baseType>boolean</baseType>
    <specialValues>
      <specialValue value="false">
        <name>False</name>
        <synopsis>
          ECMP false указывает, что для маршрута
          нет множества next hop.
        </synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="true">
        <name>True</name>
        <synopsis>
          ECMP true указывает наличие для
          маршрута множества next hop.
        </synopsis>
      </specialValue>
    </specialValues>
  </atomic>
</component>
<component componentID="4">
  <name>DefaultRouteFlag</name>
  <synopsis>Флаг заданного по умолчанию маршрута</synopsis>
  <atomic>
    <baseType>boolean</baseType>
    <specialValues>
      <specialValue value="false">
        <name>False</name>
        <synopsis>
          Default route false указывает, что маршрут
          не является принятым по умолчанию.
        </synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="true">
        <name>True</name>
        <synopsis>
          Default route true указывает, что маршрут
          является принятым по умолчанию.
        </synopsis>
      </specialValue>
    </specialValues>
  </atomic>
</component>
<component componentID="5">
  <name>Reserved</name>
  <synopsis>
    Пространство резервных битов в основном для
    заполнения и эффективной упаковки.
  </synopsis>
  <typeRef>uchar</typeRef>
</component>
<component componentID="6">
  <name>HopSelector</name>
  <synopsis>
    HopSelector для префикса, соответствующего LFB,
    который будет выдаваться в нисходящий LFB для
    нахождения информации next-hop.
  </synopsis>
  <typeRef>uint32</typeRef>
</component>
</struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>IPv4PrefixTableType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для таблицы префиксов IPv4 в IPv4UcastLPM LFB,
    используемой для поиска максимального совпадения. Записи
    таблицы имеют тип данных IPv4PrefixInfoType.
  </synopsis>
  <array type="variable-size">
    <typeRef>IPv4PrefixInfoType</typeRef>
  </array>

```

```

</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>IPv4UcastLPMStatsType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для статистики в IPv4UcastLPM LFB.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>InRcvdPkts</name>
      <synopsis>Число принятых на входе пакетов.</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>FwdPkts</name>
      <synopsis>Число пересланных пакетов.</synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
    <component componentID="3">
      <name>NoRoutePkts</name>
      <synopsis>
        Число пакетов с ненайденным маршрутом.
      </synopsis>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>IPv6PrefixInfoType</name>
  <synopsis>Тип данных для таблицы префиксов IPv6 в
  IPv6UcastLPM LFB, служащей для поиска максимального совпадения.
  Адрес получателя IPv6 служит ключом при поиске в таблице
  селектора следующего интервала (next-hop).</synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>IPv6Address</name>
      <synopsis>Адрес получателя IPv6</synopsis>
      <typeRef>IPv6Addr</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>PrefixLen</name>
      <synopsis>Размер префикса</synopsis>
      <atomic>
        <baseType>uchar</baseType>
        <rangeRestriction>
          <allowedRange min="0" max="128"/>
        </rangeRestriction>
      </atomic>
    </component>
    <component componentID="3">
      <name>ECMPFlag</name>
      <synopsis>Флаг ECMP</synopsis>
      <atomic>
        <baseType>boolean</baseType>
        <specialValues>
          <specialValue value="false">
            <name>False</name>
            <synopsis>ECMP не используется</synopsis>
          </specialValue>
          <specialValue value="true">
            <name>True</name>
            <synopsis>ECMP используется</synopsis>
          </specialValue>
        </specialValues>
      </atomic>
    </component>
    <component componentID="4">
      <name>DefaultRouteFlag</name>
      <synopsis>Флаг принятого по умолчанию маршрута</synopsis>
      <atomic>
        <baseType>boolean</baseType>
        <specialValues>
          <specialValue value="false">
            <name>False</name>
            <synopsis>Маршрут не используется по умолчанию</synopsis>
          </specialValue>
          <specialValue value="true">
            <name>True</name>
            <synopsis>Маршрут используется по умолчанию</synopsis>
          </specialValue>
        </specialValues>
      </atomic>
    </component>
    <component componentID="5">
      <name>Reserved</name>
      <synopsis>
        Пространство резервных битов в основном для

```

```

        заполнения и эффективной упаковки.
    </synopsis>
    <typeRef>uchar</typeRef>
</component>
<component componentID="6">
    <name>HopSelector</name>
    <synopsis>
        HopSelector для префикса, соответствующего LFB,
        который будет выдаваться в нисходящий LFB для
        нахождения информации next-hop.
    </synopsis>
    <typeRef>uint32</typeRef>
</component>
</struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
    <name>IPv6PrefixTableType</name>
    <synopsis>
        Тип данных для таблицы префиксов IPv6 в IPv6UcastLPM LFB,
        используемой для поиска максимальной для совпадения. Записи
        таблицы имеют тип данных IPv6PrefixInfoType.
    </synopsis>
    <array type="variable-size">
        <typeRef>IPv6PrefixInfoType</typeRef>
    </array>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
    <name>IPv6UcastLPMStatsType</name>
    <synopsis>Тип данных для статистики в IPv6UcastLPM LFB</synopsis>
    <struct>
        <component componentID="1">
            <name>InRcvdPkts</name>
            <synopsis>Число принятых на входе пакетов</synopsis>
            <typeRef>uint64</typeRef>
        </component>
        <component componentID="2">
            <name>FwdPkts</name>
            <synopsis>Число пересланных пакетов</synopsis>
            <typeRef>uint64</typeRef>
        </component>
        <component componentID="3">
            <name>NoRoutePkts</name>
            <synopsis>
                Число пакетов с найденным маршрутом.
            </synopsis>
            <typeRef>uint64</typeRef>
        </component>
    </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
    <name>IPv4NextHopInfoType</name>
    <synopsis>
        Тип данных для записей таблицы IPv4 next-hop в IPv4NextHop LFB.
        Таблица использует селектор, полученный от восходящего LFB, в
        качестве ключа для поиска индекса в таблице next-hop.
    </synopsis>
    <struct>
        <component componentID="1">
            <name>L3PortID</name>
            <synopsis>
                Идентификатор логического выходного порта для передачи
                нисходящему LFB, указывающий, какой порт к соседу
                определён уровнем L3.
            </synopsis>
            <typeRef>uint32</typeRef>
        </component>
        <component componentID="2">
            <name>MTU</name>
            <synopsis>
                Максимальный передаваемый блок (MTU) для выходного порта
            </synopsis>
            <typeRef>uint32</typeRef>
        </component>
        <component componentID="3">
            <name>NextHopIPAddr</name>
            <synopsis>Адрес next-hop IPv4</synopsis>
            <typeRef>IPv4Addr</typeRef>
        </component>
        <component componentID="4">
            <name>MediaEncapInfoIndex</name>
            <synopsis>
                Индекс для передачи в нисходящий LFB инкапсуляции,
                используемый в качестве ключа для поиска других
                данных инкапсуляции.
            </synopsis>
            <typeRef>uint32</typeRef>
        </component>
    </struct>

```

```

</component>
<component componentID="5">
  <name>LFBOutputSelectIndex</name>
  <synopsis>
    Индекс для IPv4NextHop LFB, применяемый при выборе
    экземпляра в группе выходных портов LFB для вывода.
  </synopsis>
  <typeRef>uint32</typeRef>
</component>
</struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>IPv4NextHopTableType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для таблицы IPv4 next-hop в IPv4NextHop LFB.
    Записи таблицы имеют тип IPv4NextHopInfoType.
  </synopsis>
  <array type="variable-size">
    <typeRef>IPv4NextHopInfoType</typeRef>
  </array>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>IPv6NextHopInfoType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для записей таблицы IPv6 next-hop в IPv6NextHop LFB.
    Таблица использует селектор, полученный от восходящего LFB, в
    качестве ключа для поиска индекса в таблице next-hop.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>L3PortID</name>
      <synopsis>
        Идентификатор логического выходного порта для передачи
        нисходящему LFB, указывающий, какой порт к соседу
        определён уровнем L3.
      </synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>MTU</name>
      <synopsis>
        Максимальный передаваемый блок (MTU) для выходного порта
      </synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
    <component componentID="3">
      <name>NextHopIPAddr</name>
      <synopsis>Адрес next-hop IPv6</synopsis>
      <typeRef>IPv6Addr</typeRef>
    </component>
    <component componentID="4">
      <name>MediaEncapInfoIndex</name>
      <synopsis>
        Индекс для передачи в нисходящий LFB инкапсуляции,
        используемый в качестве ключа для поиска других
        данных инкапсуляции.
      </synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
    <component componentID="5">
      <name>LFBOutputSelectIndex</name>
      <synopsis>
        Индекс для IPv6NextHop LFB, применяемый при выборе
        экземпляра в группе выходных портов LFB для вывода.
      </synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>IPv6NextHopTableType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для таблицы IPv6 next-hop в IPv6NextHop LFB.
    Записи таблицы имеют тип IPv6NextHopInfoType.
  </synopsis>
  <array type="variable-size">
    <typeRef>IPv6NextHopInfoType</typeRef>
  </array>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>EncapTableEntryType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для записи таблицы инкапсуляции Ethernet в
    EtherEncap LFB. LFB использует MediaEncapInfoIndex от
    восходящего LFB в качестве индекса для поиска в таблице
    инкапсуляционной информации для каждого пакета.

```



```

</synopsis>
<struct>
  <component componentID="1">
    <name>DstMac</name>
    <synopsis>
      MAC-адрес получателя для Ethernet-инкапсуляции пакета.
    </synopsis>
    <typeRef>IEEEMAC</typeRef>
  </component>
  <component componentID="2">
    <name>SrcMac</name>
    <synopsis>
      MAC-адрес отправителя для Ethernet-инкапсуляции пакета.
    </synopsis>
    <typeRef>IEEEMAC</typeRef>
  </component>
  <component componentID="3">
    <name>VlanID</name>
    <synopsis>VLAN ID для пакета</synopsis>
    <typeRef>VlanIDType</typeRef>
  </component>
  <component componentID="4">
    <name>Reserved</name>
    <synopsis>
      Пространство резервных битов в основном для
      заполнения и эффективной упаковки.
    </synopsis>
    <typeRef>uint16</typeRef>
  </component>
  <component componentID="5">
    <name>L2PortID</name>
    <synopsis>
      Идентификатор логического порта L2 для пакета.
    </synopsis>
    <typeRef>uint32</typeRef>
  </component>
</struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>EncapTableType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для таблицы инкапсуляции Ethernet в EtherEncap
    LFB. Записи таблицы имеют тип данных EncapTableEntryType.
  </synopsis>
  <array type="variable-size">
    <typeRef>EncapTableEntryType</typeRef>
  </array>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>MetadataDispatchType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для записи таблицы метаданных диспетчеризации
    в BasicMetadataDispatch LFB. The LFB использует значение
    метаданных как ключ поиска индекса в LFB группы портов
    для вывода пакета.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>MetadataValue</name>
      <synopsis>Значение метаданных диспетчеризации</synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>OutputIndex</name>
      <synopsis>
        Индекс группы выходных портов для исходящих пакетов.
      </synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>MetadataDispatchTableType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для таблицы метаданных диспетчеризации
    в BasicMetadataDispatch LFB. Значение метаданных
    определено также как поле ключа содержимого.
  </synopsis>
  <array type="variable-size">
    <typeRef>MetadataDispatchType</typeRef>
    <contentKey contentKeyID="1">
      <contentKeyField>MetadataValue</contentKeyField>
    </contentKey>
  </array>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>

```

```

<name>SchdDisciplineType</name>
<synopsis>Тип дисциплины планирования</synopsis>
<atomic>
  <baseType>uint32</baseType>
  <specialValues>
    <specialValue value="1">
      <name>RR</name>
      <synopsis>
        Дисциплина планирования с круговым перебором
      </synopsis>
    </specialValue>
  </specialValues>
</atomic>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>QueueStatsType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для таблицы статистики очередей в GenericScheduler LFB.
  </synopsis>
  <struct>
    <component componentID="1">
      <name>QueueID</name>
      <synopsis>Идентификатор входной очереди ID</synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2">
      <name>QueueDepthInPackets</name>
      <synopsis>Глубина текущей очереди в пакетах</synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
    <component componentID="3">
      <name>QueueDepthInBytes</name>
      <synopsis>Глубина текущей очереди в байтах</synopsis>
      <typeRef>uint32</typeRef>
    </component>
  </struct>
</dataTypeDef>
<dataTypeDef>
  <name>QueueStatsTableType</name>
  <synopsis>
    Тип данных для таблицы статистики очередей в GenericScheduler
    LFB. Записи таблицы имеют тип QueueStatsType.
  </synopsis>
  <array type="variable-size">
    <typeRef>QueueStatsType</typeRef>
  </array>
</dataTypeDef>
</dataTypeDefs>
<metadataDefs>
  <metadataDef>
    <name>PHYPortID</name>
    <synopsis>
      Метаданные, указывающие идентификатор физического порта
    </synopsis>
    <metadataID>1</metadataID>
    <typeRef>uint32</typeRef>
  </metadataDef>
  <metadataDef>
    <name>SrcMAC</name>
    <synopsis>Метаданные, указывающие MAC-адрес отправителя</synopsis>
    <metadataID>2</metadataID>
    <typeRef>IEEEMAC</typeRef>
  </metadataDef>
  <metadataDef>
    <name>DstMAC</name>
    <synopsis>
      Метаданные, указывающие MAC-адрес получателя.
    </synopsis>
    <metadataID>3</metadataID>
    <typeRef>IEEEMAC</typeRef>
  </metadataDef>
  <metadataDef>
    <name>LogicalPortID</name>
    <synopsis>Метаданные идентификатора логического порта</synopsis>
    <metadataID>4</metadataID>
    <typeRef>uint32</typeRef>
  </metadataDef>
  <metadataDef>
    <name>EtherType</name>
    <synopsis>Метаданные, указывающие тип Ethernet</synopsis>
    <metadataID>5</metadataID>
    <typeRef>uint16</typeRef>
  </metadataDef>
  <metadataDef>
    <name>VlanID</name>
    <synopsis>Метаданные VLAN ID</synopsis>

```

```

<metadataID>6</metadataID>
<typeRef>VlanIDType</typeRef>
</metadataDef>
<metadataDef>
  <name>VlanPriority</name>
  <synopsis> Метаданные VLAN priority</synopsis>
  <metadataID>7</metadataID>
  <typeRef>VlanPriorityType</typeRef>
</metadataDef>
<metadataDef>
  <name>NextHopIPv4Addr</name>
  <synopsis>
    Метаданные, представляющие адрес next-hop IPv4
  </synopsis>
  <metadataID>8</metadataID>
  <typeRef>IPv4Addr</typeRef>
</metadataDef>
<metadataDef>
  <name>NextHopIPv6Addr</name>
  <synopsis>
    Метаданные, представляющие адрес next-hop IPv6
  </synopsis>
  <metadataID>9</metadataID>
  <typeRef>IPv6Addr</typeRef>
</metadataDef>
<metadataDef>
  <name>HopSelector</name>
  <synopsis>Метаданные, указывающие селектор интервала</synopsis>
  <metadataID>10</metadataID>
  <typeRef>uint32</typeRef>
</metadataDef>
<metadataDef>
  <name>ExceptionID</name>
  <synopsis>
    Метаданные, указывающие тип исключения для исключительных
    случаев в процессе обработки пакета.
  </synopsis>
  <metadataID>11</metadataID>
  <atomic>
    <baseType>uint32</baseType>
    <specialValues>
      <specialValue value="0">
        <name>AnyUnrecognizedExceptionCase</name>
        <synopsis>Любые не распознанные исключения</synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="1">
        <name>ClassifyNoMatching</name>
        <synopsis>
          Исключительный случай - нет соответствия в таблице
          EtherClassifier LFB.
        </synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="2">
        <name>MediaEncapInfoIndexInvalid</name>
        <synopsis>
          Исключительный случай - значение MediaEncapInfoIndex
          в пакете не приемлемо и не может быть назначено для
          EncapTable в EtherEncap LFB.
        </synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="3">
        <name>EncapTableLookupFailed</name>
        <synopsis>
          Исключительный случай - не удалось найти пакет в таблице
          EncapTable блока EtherEncap LFB, хотя значение
          MediaEncapInfoIndex корректно.
        </synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="4">
        <name>BadTTL</name>
        <synopsis>
          Исключительный случай - пакет с просроченным TTL
        </synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="5">
        <name>IPv4HeaderLengthMismatch</name>
        <synopsis>
          Исключительный случай - пакет с заголовком более 5 слов.
        </synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="6">
        <name>RouterAlertOptions</name>
        <synopsis>
          Исключительный случай - пакет с опцией router alert
          в заголовке IP.
        </synopsis>
    </specialValues>
  </atomic>

```

```

</specialValue>
<specialValue value="7">
  <name>IPv6HopLimitZero</name>
  <synopsis>
    Исключительный случай - пакет с нулевым значением hop limit.
  </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="8">
  <name>IPv6NextHeaderHBH</name>
  <synopsis>
    Исключительный случай - пакет с next header = Hop-by-Hop.
  </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="9">
  <name>SrcAddressException</name>
  <synopsis>
    Исключительный случай - пакет с исключительный адресом
    отправителя.
  </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="10">
  <name>DstAddressException</name>
  <synopsis>
    Исключительный случай - пакет с исключительный адресом
    получателя.
  </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="11">
  <name>LPMLookupFailed</name>
  <synopsis>
    Исключительный случай - отказ при поиске LPM для пакета
    в LFB сопоставления префикса.
  </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="12">
  <name>HopSelectorInvalid</name>
  <synopsis>
    Исключительный случай - непригодное значение HopSelector
    для пакета.
  </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="13">
  <name>NextHopLookupFailed</name>
  <synopsis>
    Исключительный случай - отказ при поиске next-hop для
    пакета при корректном HopSelector.
  </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="14">
  <name>FragRequired</name>
  <synopsis>
    Исключительный случай - требуется фрагментация пакета
  </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="15">
  <name>MetadataNoMatching</name>
  <synopsis>
    Исключительный случай - ничего не найдено при поиске
    в таблице метаданных диспетчеризации в
    BasicMetadataDispatch LFB.
  </synopsis>
</specialValue>
</specialValues>
</atomic>
</metadataDef>
<metadataDef>
  <name>ValidateErrorID</name>
  <synopsis>
    Метаданные, указывающие типы ошибок при проверке пакета.
  </synopsis>
  <metadataID>12</metadataID>
  <atomic>
    <baseType>uint32</baseType>
    <specialValues>
      <specialValue value="0">
        <name>AnyUnrecognizedValidateErrorCase</name>
        <synopsis>Нераспознанная ошибка при проверке.
        </synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="1">
        <name>InvalidIPv4PacketSize</name>
        <synopsis>
          Ошибка - указанный канальным уровнем размер пакета
          меньше 20 байтов.</synopsis>
      </specialValue>
      <specialValue value="2">

```

```

    <name>NotIPv4Packet</name>
    <synopsis>
        Ошибка - пакет не относится к протоколу IP версии 4</synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="3">
    <name>InvalidIPv4HeaderLengthSize</name>
    <synopsis>
        Ошибка - в поле заголовка указан размер заголовка менее 5 слов.
    </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="4">
    <name>InvalidIPv4LengthFieldSize</name>
    <synopsis>
        Ошибка - пакет со значением общего размера менее 20 байтов.
    </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="5">
    <name>InvalidIPv4Checksum</name>
    <synopsis>
        Ошибка - пакет с ошибкой контрольной суммы.
    </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="6">
    <name>InvalidIPv4SrcAddr</name>
    <synopsis>
        Ошибка - пакет с некорректным адресом отправителя IPv4.
    </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="7">
    <name>InvalidIPv4DstAddr</name>
    <synopsis>
        Ошибка - пакет с некорректным адресом получателя IPv4.
    </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="8">
    <name>InvalidIPv6PacketSize</name>
    <synopsis>
        Ошибка - размер пакета меньше 40 байтов.
    </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="9">
    <name>NotIPv6Packet</name>
    <synopsis>
        Ошибка - пакет не относится к протоколу IP версии 6.
    </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="10">
    <name>InvalidIPv6SrcAddr</name>
    <synopsis>
        Ошибка - пакет с некорректным адресом отправителя IPv6.
    </synopsis>
</specialValue>
<specialValue value="11">
    <name>InvalidIPv6DstAddr</name>
    <synopsis>
        Ошибка - пакет с некорректным адресом получателя IPv6.
    </synopsis>
</specialValue>
</specialValues>
</atomic>
</metadataDef>
<metadataDef>
    <name>L3PortID</name>
    <synopsis>
        Метаданные, указывающие идентификатор логического порта L3.
    </synopsis>
    <metadataID>13</metadataID>
    <typeRef>uint32</typeRef>
</metadataDef>
<metadataDef>
    <name>RedirectIndex</name>
    <synopsis>
        Метаданные, которые CE передаёт RedirectIn LFB для указания индекса
        LFB группы выходных портов.
    </synopsis>
    <metadataID>14</metadataID>
    <typeRef>uint32</typeRef>
</metadataDef>
<metadataDef>
    <name>MediaEncapInfoIndex</name>
    <synopsis>
        Ключ, применяемый для поиска в таблице с целью выбора инкапсуляции.
    </synopsis>
    <metadataID>15</metadataID>
    <typeRef>uint32</typeRef>
</metadataDef>

```

5. Описания классов LFB

В соответствии со спецификациями ForCES логический функциональный блок LFB представляет собой чётко определённый, логически выделенный функциональный блок, который размещается в FE и является функционально точной абстракцией функций обработки в FE. Класс (тип) LFB - это шаблон, представляющий детализированный, логически отделяемый аспект обработки в FE. Большинство LFB относятся к обработке пакетов в пути данных. Классы LFB являются базовыми блоками для построения модели FE. Отметим, что в [RFC5810] уже определён FE Protocol LFB, представляющий собой логический модуль в каждом FE для управления протоколом ForCES. В [RFC5812] определён FE Object LFB, где представлена такая информация, как FE Name, FE ID, FE State, LFB Topology для FE.

Как отмечен в параграфе 3.1, этот документ посвящён базовой библиотеке LFB для реализации функций типового маршрутизатора, прежде всего в части функций пересылки IP. В результате все классы LFB в библиотеке являются базовыми LFB для реализации пересылки в маршрутизаторе.

В этом разделе применяются термины «восходящий» и «нисходящий» LFB по отношению к описываемому блоку LFB. Восходящим называется LFB, выходные порты которого подключены ко входным портам рассматриваемого LFB, т. е. данные (обычно пакеты с метаданными) могут передаваться от восходящего LFB к рассматриваемому. Нисходящим называется LFB, чьи входные порты подключены к выходным портам рассматриваемого LFB. Отметим, что в некоторых редких случаях один блок LFB может быть одновременно исходящим и нисходящим для данного LFB.

Следует также отметить, что в принятом по умолчанию для модели FE предложении [RFC5812] все метаданные, создаваемые восходящими LFB будут по умолчанию проходить через все нисходящие LFB без указания входных или выходных портов. LFB будет использовать (потреблять) лишь те метаданные, которые явно указаны на входе LFB как ожидаемые. Например, в нисходящем LFB блока LFB физического уровня даже при отсутствии конкретных ожиданий, метаданные типа PHYPortID, создаваемые LFB физического уровня, всегда будут проходить через все нисходящие LFB независимо от того, ожидаются ли они блоками LFB.

5.1. LFB для обработки Ethernet

Наиболее распространенным протоколом физического и канального уровня является Ethernet, поэтому возможность обработки пакетов данных Ethernet является базовым требованием к маршрутизаторам.

Существуют разные варианты формата Ethernet, такие как Ethernet V2, 802.3 RAW, IEEE 802.3/802.2, IEEE 802.3/802.2 SNAP, а также разные технологии ЛВС Ethernet, такие как VLAN, MACinMAC и т. д. Определённые здесь LFB для обработки Ethernet предназначены для работы со всеми вариантами технологии Ethernet.

Имеются также различные типы физических сред Ethernet, среди которых наиболее распространены электрические и оптические кабели. Будучи базовым определением LFB, данный документ рассматривает лишь среды Ethernet на основе электрических кабелей. Для других типов сред могут быть определены дополнительные LFB в будущих версиях библиотеки.

5.1.1. EtherPHYCop

EtherPHYCop LFB обеспечивает абстракцию физического уровня Ethernet для электрических кабелей.

5.1.1.1. Обработка данных

Этот LFB является интерфейсом в физическую среду Ethernet. LFB обрабатывает кадры Ethernet приходящие в FE и передаваемые из FE. Принимаемые и передаваемые кадры Ethernet включают все пакеты, инкапсулированные с разными вариантами протокола Ethernet, такими как Ethernet V2, 802.3 RAW, IEEE 802.3/802.2 и IEEE 802.3/802.2 SNAP, включая пакеты, инкапсулированные с использованием различных технологий ЛВС на базе Ethernet, таких как VLAN, MACinMAC и т. п. Поэтому в XML включён тип кадров EthernetAll.

Кадры Ethernet принимаются из физического порта и передаются нисходящим LFB, таким как EtherMACIn LFB, через одиночный выход EtherPHYOut. Метаданные PHYPortID, указывающие физический порт, через который был принят кадр извне, передаются вместе с кадром.

Пакеты Ethernet принимаются этим LFB от восходящих LFB, таких как EtherMacOut LFB, через одиночный вход EtherPHYIn для отправки вовне.

5.1.1.2. Компоненты

Компонента AdminStatus определена для CE с целью административного управления состоянием LFB. CE может включать и отключать LFB, меняя AdminStatus. По умолчанию установлено значение Down (отключено).

OperStatus фиксирует рабочее состояние физического порта. Определено событие PHYPortStatusChanged, что позволяет LFB информировать CE об изменении рабочего состояния физического порта.

PHYPortID служит для однозначного указания физического порта. Идентификаторы доступны только для чтения (read-only, устанавливается CE). Значения идентификаторов определяются FE. Компонента используется для создания метаданных PHYPortID на выходе LFB и связывания с каждым пакетом Ethernet, полученным LFB. Метаданные обрабатываются нисходящими LFB для использования PHYPortID.

Определена группа компонент для управления скоростью канала. AdminLinkSpeed используется CE для настройки скорости порта, а OperLinkSpeed позволяет CE запросить реальную скорость работы порта. По умолчанию для AdminLinkSpeed устанавливается автоматическое согласование скорости (auto-negotiation).

Определена группа компонент для управления режимом дуплекса. AdminDuplexMode используется CE для настройки режима порта, а OperDuplexMode позволяет CE запросить рабочий режим. По умолчанию для AdminDuplexMode устанавливается автоматическое согласование скорости (auto-negotiation).

CarrierStatus фиксирует состояние несущей и указывает реальное состояние канала на порту. По умолчанию CarrierStatus имеет значение false (нет сигнала).

5.1.1.3. Возможности

Информация о возможностях этого LFB включает скорости, поддерживаемые FE (SupportedLinkSpeed), а также режимы дуплекса (SupportedDuplexMode).

5.1.1.4. События

Генерируется несколько событий, одним из которых является уведомление о смене состояния физического порта (PhyPortStatusChanged). Уведомление сообщает о смене состояния и указывает новое состояния порта.

Другое событие фиксирует смену рабочей скорости соединения (LinkSpeedChanged) и уведомляет CE об изменении скорости, указывая новое согласованное значение рабочей скорости.

Ещё одно событие связано с изменением режима дуплекса (DuplexModeChanged) и уведомляет CE о смене режима, указывая новый согласованный режим работы порта.

5.1.2. EtherMACIn

EtherMACIn LFB обеспечивает абстракцию порта Ethernet на канальном уровне MAC и описывает функции обработки Ethernet, такие как проверку местоположения MAC-адреса, принятие решения об использовании функций моста, управление потоком данных на уровне Ethernet и т. п.

5.1.2.1. Обработка данных

Предполагается, что этот LFB будет принимать все типы пакетов Ethernet (через одиночный вход EtherPktsIn), которые обычно будут приходиться от того или иного LFB физического уровня Ethernet, такого как EtherPHYCop LFB, вместе с метаданными, указывающими идентификатор физического порта, на котором принят пакет.

В LFB определены два одиночных выходных порта. Все выходные пакеты выдаются в исходном формате Ethernet, полученном на входном порту, без изменений и включают все типы Ethernet.

Первый одиночный выход называется NormalPathOut и обычно выводит пакеты Ethernet в тот или иной LFB, такой как EtherClassifier LFB, для последующего процесса пересылки L3 вместе с метаданными PHYPortID, указывающими физический порт, принявший пакет.

Второй одиночный выход называется L2BridgingPathOut. Хотя библиотека LFB в этом документе рассчитана в основном на типичные маршрутизаторы, она пытается обеспечить совместимость с функциями будущих маршрутизаторов. Выход L2BridgingPathOut определён для выполнения требований функций мостов L2, которые могут одновременно поддерживать функции обработки L3 и некоторые L2 LFB, которые могут быть определены в будущем. Если FE поддерживает функции моста L2, CE сможет включить или отключить эти функции с помощью компоненты L2BridgingPathEnable в FE. При включённой функции создаются также некоторые экземпляры L2 LFB, следующие за L2BridgingPathOut, и FE будет выполнять функции моста L2. Выход L2BridgingPathOut будет выводить пакеты как и NormalPathOut.

Этот LFB может работать в неразборчивом (promiscuous) режиме, позволяющем всем пакетам проходить через LFB без отбрасывания. В обычном режиме выполняется проверка локальности MAC-адресов и все пакеты, которые не прошли эту проверку, будут отбрасываться.

Этот LFB может участвовать в управлении потоком данных Ethernet в кооперации с EtherMACOut LFB, но детали реализации этого не рассматриваются в данном документе. Документ также не описывает работу буферов, которые вызывают сообщения контроля потока данных, - предполагается наличие таких артефактов, но их описание выходит за рамки документа.

5.1.2.2. Компоненты

Компонента AdminStatus определена для CE с целью административного управления состоянием LFB. CE может административно запустить или отключить LFB, меняя значение AdminStatus. По умолчанию задано значение Down.

LocalMACAddresses задаёт локальные MAC-адреса по которым выполняется проверка местоположения. Это массив MAC-адресов с правами доступа для чтения и записи (read-write).

L2BridgingPathEnable указывает, установлен ли блок LFB для работы в качестве моста L2. FE, не поддерживающий функции моста, будет внутренними средствами устанавливать для этого флага значение false, а также устанавливать для него доступ лишь на чтение (read-only). По умолчанию устанавливается значение false.

PromiscuousMode указывает, установлен ли блок LFB для работы в неразборчивом (promiscuous) режиме. По умолчанию задано значение false.

TxFlowControl указывает, выполняет ли LFB управление потоком данных при передаче пакетов (по умолчанию false). Отметим что эта компонента указана как необязательная (optional). Если FE не реализует её, а CE пытается настроить, FE может сообщить CE об ошибке с кодом 0x09 (E_COMPONENT_DOES_NOT_EXIST) или 0x15 (E_NOT_SUPPORTED), в зависимости от обработки FE. Подробности приведены в [RFC5810].

RxFlowControl указывает, выполняет ли LFB управление потоком данных при получении пакетов (по умолчанию false). Компонента помечена как необязательная (optional).

Структурная компонента MACInStats определяет набор параметров статистики для этого LFB, включая число принятых и отброшенных пакетов. Отметим, что компонента не является обязательной для реализации. Если CE пытается запросить эту компоненту, а она не реализована, возвращается ошибка 0x09 (E_COMPONENT_DOES_NOT_EXIST) или 0x15 (E_NOT_SUPPORTED) в зависимости от реализации FE.

5.1.2.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.1.2.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.1.3. EtherClassifier

EtherClassifier LFB является абстракцией процесса декапсуляции пакетов Ethernet и последующей их классификации.

5.1.3.1. Обработка данных

LFB описывает процесс декапсуляции пакетов Ethernet и их классификации в соответствии с информацией из заголовка пакета Ethernet.

Предполагается, что LFB принимает все типы пакетов Ethernet (через отдельный вход EtherPktsIn), которые обычно выводятся восходящим LFB, таким как EtherMACIn LFB. Этот вход также поддерживает мультиплексирование, позволяющее подключать множество восходящих LFB. Например, при включённой функции моста L2 в EtherMACIn LFB могут применяться некоторые LFB мостов L2. В этом случае после обработки L2 некоторые пакеты Ethernet могут попадать на вход EtherClassifier LFB для классификации, тогда как пакетам, напрямую выходящим из EtherMACIn тоже может потребоваться вход в этот LFB. Данный вход способен обрабатывать такие случаи. Обычно все ожидаемые пакеты Ethernet будут связаны с метаданными PHYPortID, указывающими физический порт, из которого поступил пакет. В некоторых случаях (например, MACinMAC) может предполагаться связывание метаданных LogicalPortID с пакетом Ethernet для дополнительного указания логического порта, к которому относится пакет Ethernet. Отметим, что метаданные PHYPortID предполагаются всегда, а метаданные LogicalPortID являются необязательными.

В LFB определены два выходных порта.

Первый выход является групповым портом ClassifyOut. Типы пакетов протоколов сетевого уровня выводятся в экземпляры группы портов. Поскольку может быть много разных типов протоколов на выходных портах, создаваемый выходной кадр определяется как произвольный с возможностью расширения определения в будущем. Метаданные, для передачи вместе с пакетом создаются в этом LFB для использования нисходящими LFB. Передаваемые вниз метаданные включают PHYPortID, а также информацию о типе Ethernet, MAC-адреса отправителя и получателя и идентификатор логического порта. Если исходный пакет является пакетом VLAN и содержит значения идентификатора и приоритета, эти значения также передаются в метаданных в нисходящем направлении. В результате эти метаданные VLAN ID определены как условные (conditional).

Вторым выходом является отдельный выходной порт ExceptionOut, который будет выводить пакеты при отказе в процессе обработки вместе с дополнительными метаданными ExceptionID для указания причины отказа. В настоящее время определено одно исключение:

- не найдено соответствия при классификации пакета.

Обычно порт ExceptionOut может не указывать никуда, что означает отбрасывание пакетов, но в некоторых случаях пакеты могут передаваться в CE для дополнительной обработки в зависимости от конкретной реализации.

5.1.3.2. Компоненты

Массив EtherDispatchTable определён в LFB для диспетчеризации каждого пакета Ethernet в выходную группу в соответствии с идентификатором логического порта, назначенным VlanInputTable для пакета, и типом Ethernet в заголовке. Каждая строка массива является структурой, содержащей идентификатор логического порта, EtherType и индекс выхода. При настройке таблицы диспетчеризации со стороны CE можно ожидать, что LFB будет классифицировать пакеты разных протоколов сетевого уровня и выводить их в разные выходные порты. Предполагается, что LFB будет классифицировать пакеты по протоколам, таким как IPv4, IPv6, MPLS, ARP, ND¹ и т. п.

Массив VlanInputTable определён в LFB для классификации пакетов VLAN Ethernet. Каждая строка массива является структурой, включающей идентификатор входного порта, VLAN ID и идентификатор логического порта. В соответствии со спецификацией IEEE VLAN все пакеты Ethernet могут распознаваться как относящиеся к VLAN путём назначения пакетов без инкапсуляции VLAN к VLAN 0. Каждому входному пакету назначается новый LogicalPortID в соответствии с идентификатором входного порта и VLAN ID. Идентификатор входного порта определяется как идентификатор логического порта, если с пакетом связан логический порт, или как идентификатор физического порта, если логический порт не привязан к пакету. VLAN ID берётся из пакета или назначается VLAN 0, если в пакете нет тега. Отметим, что идентификатор логического порта для пакета может быть изменён при обработке VlanInputTable.

Отметим, что упомянутые выше идентификаторы логического и физического порта изначально задаются CE и являются глобальными в рамках ForCES NE (элемент сети). Чтобы не путать идентификаторы логических и физических портов в поле идентификатора входного порта VlanInputTable, значения идентификаторов физических и логических портов должны назначаться из разных числовых диапазонов.

Массив EtherClassifyStats определяет набор параметров статистики для данного LFB, указываемых числом пакетов для каждого EtherType. Каждая строка массива является структурой, включающей EtherType и число пакетов. Отметим, что реализация этого массива необязательна.

5.1.3.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.1.3.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

¹Neighbor Discovery - обнаружение соседей.

5.1.4. EtherEncap

EtherEncap LFB является абстракцией процесса замены заголовков Ethernet и добавления в пакет новых заголовков.

5.1.4.1. Обработка данных

LFB абстрагирует процесс встраивания (инкапсуляции) заголовков Ethernet в полученные пакеты. Инкапсуляция основана на передаче метаданных. Предполагается, что LFB принимает пакеты IPv4 и IPv6 через отдельный входной порт EncapIn, который может быть соединён с восходящим LFB типа IPv4NextHop, IPv6NextHop, BasicMetadataDispatch или иным LFB, которому нужно выводить пакеты для инкапсуляции Ethernet. LFB всегда ждёт от восходящих LFB метаданные MediaEncapInfoIndex, которые служат ключом поиска в таблице инкапсуляции EncapTable. Входной пакет может также иметь метаданные VLAN priority, указывающие исходный приоритет для пакета. Значение приоритета может быть установлено в пакете снова при инкапсуляции. По умолчанию для приоритета VLAN задано значение 0.

Для LFB определены два отдельных выходных порта.

Первый одиночный выход называется SuccessOut. При успешном поиске в таблице MAC-адреса отправителя и получателя, а также логический порт среды (L2PortID) находятся в соответствующей записи таблицы. CE может установить VlanID в случае использования VLAN. По умолчанию применяется запись с VlanID 0 в соответствии с правилами IEEE [IEEE.802-1Q]. Независимо от значения VlanID, если во входных метаданных значение VlanPriority отлично от 0, пакет получает тен VLAN. Если VlanPriority и VlanID равны 0, тег VLAN не назначается пакету. После замены или добавления подходящих заголовков Ethernet пакет передаётся на выход SuccessOut для нисходящего экземпляра LFB вместе с метаданными L2PortID.

Второй одиночный выход называется ExceptionOut и предназначен для пакетов с отказом при поиске в таблице вместе с метаданными ExceptionID. В настоящее время определены два исключительных случая:

- значение MediaEncapInfoIndex в пакете недействительно и отсутствует в EncapTable;
- пакет не найден в таблице EncapTable, хотя значение MediaEncapInfoIndex действительно.

Восходящий LFB может программироваться CE для передачи вместе с MediaEncapInfoIndex, которого нет в EncapTable. Это позволит при необходимости распознавать заголовки на уровне инкапсуляции L2 через ARP или ND (или иной метод в зависимости от технологии канального уровня) при отсутствии записи в таблице.

Для распознавания соседского заголовка L2 (исключение table miss) обрабатывающий LFB может передать пакет CE через LFB перенаправления, программу FE или другой экземпляр LFB. В таких случаях для обработки исключения передаются также метаданные NextHopIPv4Addr или NextHopIPv6Addr, генерируемые next-hop LFB. Такой адрес IP может применяться для выполнения таких операций, как ARP или ND, в обработчике, которому передан пакет.

Результатом распознавания L2 служит обновление EncapTable, а также next-hop LFB, чтобы для последующих пакетов поиск в EncapTable не завершался отказом. EtherEncap LFB не делает предположений о способе обновления EncapTable элементом CE (а также использовании ARP/ND или статического отображения).

Экземпляры нисходящих LFB могут иметь тип EtherMACOut или BasicMetadataDispatch. Если финальная обработка пакета L2 выполняется по портам сред, относящимся к разным FE, или нужно распознавание заголовка L2, модели имеет смысл принять BasicMetadataDispatch LFB для ответвления в разные экземпляры LFB. Если имеется прямой выходной порт, имеет смысл применение в качестве экземпляра нисходящего LFB блока EtherMACOut.

5.1.4.2. Компоненты

Этот LFB имеет единственную компоненту EncapTable, определённую как массив. Каждая строка массива является структурой, содержащей MAC-адреса получателя и отправителя, VLAN ID (по умолчанию 0) и идентификатор выходного логического порта L2.

5.1.4.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.1.4.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.1.5. EtherMACOut

EtherMACOut LFB абстрагирует порт Ethernet на уровне MAC и описывает процесс вывода пакетов Ethernet. Выходные функции Ethernet тесно связаны со входными, поэтому многие компоненты этого LFB являются псевдонимами компонент EtherMACIn LFB.

5.1.5.1. Обработка данных

LFB предполагает получение всех типов пакетов Ethernet (через отдельный входной порт EtherPktsIn), которые обычно входят и LFB инкапсуляции Ethernet вместе с метаданными, указывающими идентификатор физического порта, через который должен пройти пакет.

LFB определён с одиночным выходным портом EtherPktsOut. Все выходные пакеты имеют формат Ethernet, возможно различаясь типом Ethernet, и сопровождаются метаданными, указывающими идентификатор физического порта, через который пакет должен пройти. Это выходные каналы связаны с нисходящим LFB, которым служит LFB физического уровня Ethernet, подобный EtherPHYCop LFB.

Этот LFB может участвовать в управлении потоком данных Ethernet в кооперации с EtherMACIn LFB. Данный документ не описывает деталей этого процесса и не определяет поведения буферов для управления потоком данных. Предполагается такая возможность, но её описание выходит за рамки документа.

Отметим, что в качестве базового определения такие функции, как множество виртуальных уровней MAC, не поддерживаются этой версией LFB. Они могут быть добавлены в будущем путём определения субкласса или новой версии этого LFB.

5.1.5.2. Компоненты

AdminStatus служит для того, чтобы CE мог административно управлять состоянием LFB, включая и выключая его путём установки значения AdminStatus (по умолчанию Down - отключено). Отметим, что эта компонента определена как псевдоним AdminStatus в EtherMACIn LFB. Это предполагает, что EtherMACOut LFB обычно сосуществует с EtherMACIn LFB и оба используют одинаковое административное управление состоянием со стороны CE. Свойства псевдонима, как определено в модели ForCES FE [RFC5812], будут применяться CE для задания целевой компоненты, к которой относится псевдоним, указывая целевой класс LFB, идентификаторы экземпляров, а также путь к целевой компоненте.

MTU определяет максимальный размер передаваемого блока.

Необязательная компонента TxFlowControl указывает, выполняется ли этим LFB управление потоком данных при передаче пакетов (по умолчанию false). Отметим, что эта компонента определена как псевдоним компоненты TxFlowControl в EtherMACIn LFB.

Необязательная компонента RxFlowControl указывает, выполняется ли этим LFB управление потоком данных на приёме (по умолчанию false). Отметим, что эта компонента определена как псевдоним компоненты RxFlowControl в EtherMACIn LFB.

Структурная компонента MACOutStats определяет набор статистики для данного LFB, включающей число переданных и отброшенных пакетов. Компонента не обязательна для реализации.

5.1.5.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.1.5.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.2. LFB для проверки пакетов IP

Определены LFB для абстрагирования проверки пригодности пакетов IP - IPv4Validator LFB для IPv4 и IPv6Validator LFB для IPv6.

5.2.1. IPv4Validator

IPv4Validator LFB выполняет проверку пригодности пакетов IPv4.

5.2.1.1. Обработка данных

Этот LFB выполняет проверку пригодности пакетов IPv4 в соответствии с [RFC1812] и последующими обновлениями. Пакет IPv4 будет выводиться в соответствующий порт LFB, указывающий, относится пакет к индивидуальным или групповым и были ли отказы или исключительные ситуации при проверке.

Этот LFB всегда ожидает на входе пакеты, классифицированные как IPv4 восходящим LFB, таким как EtherClassifier LFB. Конкретные метаданные на входе LFB не ожидаются.

Для LFB определены 4 выходных порта.

Все прошедшие проверку индивидуальные пакеты IPv4 будут выводиться в одиночный порт IPv4UnicastOut, а групповые - в одиночный порт IPv4MulticastOut.

Одиночный порт ExceptionOut определён для вывода пакетов, которые прошли проверку как исключительные. Метаданные с идентификатором исключения создаются для указания причины исключения. Исключением считается случай, когда пакет требует дополнительной обработки перед обычной пересылкой. Определённые в настоящий момент типы исключений перечислены ниже.

- Пакеты с нулевым TTL.
- Пакеты с размером заголовка более 5 слов.
- Пакеты с заголовком, включающим опцию router alert.
- Пакеты с исключительным адресом отправителя.
- Пакеты с исключительным адресом получателя.

Отметим, что проверка TTL выполняется в этом LFB, но операции с TTL (например, декремент) выполняются нисходящим LFB пересылки.

Одиночный порт FailOut служит для пакетов, при проверке которых возникли ошибки (отказ). Ошибкой считается случай, когда пакет не пригоден для дальнейшей обработки или пересылки и должен отбрасываться. Связанный с пакетом идентификатор ошибки указывает причину. В настоящее время определено несколько причин отказа:

- размер пакета меньше 20 байтов;
- версия пакета отличается от IPv4;
- размер заголовка в пакете меньше 5 слов;
- поле общего размера пакета имеет значение меньше 20;
- ошибка контрольной суммы;
- недействительный адрес отправителя;
- недействительный адрес получателя.

5.2.1.2. Компоненты

Этот LFB имеет единственную структурную компоненту IPv4ValidatorStatisticsType, определяющую параметры статистики для процесса проверки пригодности, включая число пакетов с некорректными заголовками, некорректным размером, непригодным TTL и ошибками в контрольной сумме. Эта компонента не обязательна для реализации.

5.2.1.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.2.1.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.2.2. IPv6Validator

IPv6Validator LFB выполняет проверку пригодности пакетов IPv6.

5.2.2.1. Обработка данных

Этот LFB выполняет проверку пригодности пакетов IPv6 в соответствии с [RFC2460] и последующими обновлениями. Пакет IPv6 будет выводиться в соответствующий порт LFB, указывающий, относится пакет к индивидуальным или групповым и были ли отказы или исключительные ситуации при проверке.

Этот LFB всегда ожидает на входе пакеты, классифицированные как IPv6 восходящим LFB, таким как EtherClassifier LFB. Конкретные метаданные на входе LFB не ожидаются.

Как и в IPv4validator LFB для этого LFB определены 4 выходных порта, в которые пакеты передаются в соответствии с результатом проверки.

Все прошедшие проверку индивидуальные пакеты IPv6 будут выводиться в одиночный порт IPv6UnicastOut, а групповые - в одиночный порт IPv6MulticastOut.

Одиночный порт ExceptionOut определён для вывода пакетов, которые прошли проверку как исключительные. Метаданные с идентификатором исключения создаются для указания причины исключения. Исключением считается случай, когда пакет требует дополнительной обработки перед обычной пересылкой. Определённые в настоящий момент типы исключений перечислены ниже.

- Пакеты с нулевым hop limit.
- Пакеты с next header установленным в hop-by-hop.
- Пакеты с исключительным адресом отправителя.
- Пакеты с исключительным адресом получателя.

Одиночный порт FailOut служит для пакетов, при проверке которых возникли ошибки (отказ). Ошибкой считается случай, когда пакет не пригоден для дальнейшей обработки или пересылки и должен отбрасываться. Связанный с пакетом идентификатор ошибки указывает причину. В настоящее время определено несколько причин отказа:

- размер пакета меньше 40 байтов;
- версия пакета отличается от IPv6;
- недействительный адрес отправителя;
- недействительный адрес получателя.

Отметим, что в базовой библиотеке типов определения идентификаторов метаданных исключений и ошибок применяются для IPv4Validator и IPv6Validator, т. е. эти два LFB используют общее определение метаданных с разными идентификаторами в нем.

5.2.2.2. Компоненты

Этот LFB имеет единственную структурную компоненту IPv6ValidatorStatisticsType, определяющую параметры статистики для процесса проверки пригодности, включая число пакетов с некорректными заголовками, некорректным размером, непригодным значением hop limit. Эта компонента не обязательна для реализации.

5.2.2.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.2.2.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.3. LFB для пересылки IP

IP Forwarding LFB абстрагируют процессы пересылки IP. Для базовой библиотеки область определения LFB ограничивается пересылкой индивидуальных пакетов IP. Групповые пакеты IP могут быть рассмотрены в будущем.

Двумя фундаментальными задачами индивидуальной пересылки IP являются поиск информации в таблице пересылки для определения следующего интервала и применение найденной информации для выбора конкретных физических выходных портов. Этот документ моделирует процессы пересылки путём абстрагирования двух отмеченных задач. Поскольку документ описывает функциональные модели LFB, которые являются модульными, возможно множество способов реализации абстрактных моделей. Не предполагается ограничение реализаций представленными моделями LFB.

На основе абстракции пересылки IP определены два типовых блока индивидуальной пересылки IP - LFB для поиска LPM¹ и LFB для применения next-hop. Оба LFB имеют варианты для протоколов IPv4 и IPv6.

5.3.1. IPv4UcastLPM

IPv4UcastLPM LFB абстрагирует процесс поиска LPM для индивидуальных адресов IPv4.

LFB также обеспечивает средства для упрощения маршрутизации по множеству равноценных путей (ECMP²) и пересылки по обратному пути (RPF³). Однако сам LFB не обеспечивает ECMP или RPF. Для реализации их будут определены специальные LFB, например ECMP LFB и RPF LFB.

5.3.1.1. Обработка данных

LFB выполняет поиск индивидуальных адресов IPv4 в таблице LPM. На входе всегда предполагаются индивидуальные пакеты IPv4 из одиночного входного порта PktsIn. LFB использует адрес получателя IPv4 в каждом пакете как ключ поиска в таблице префиксов IPv4 и создаёт селектор интервала (hop) в соответствии с результатом. Селектор передаётся как метаданные пакета нисходящим LFB и обычно служит в качестве поискового индекса для поиска дополнительной информации о следующем интервале (next-hop).

В LFB определены три одиночных выходных порта.

Первый одиночный порт NormalOut выводит индивидуальные пакеты IPv4, для которых найден LPM (и селектор интервала). Селектор связывается с пакетом как метаданные. Нисходящим для LPM LFB обычно является LFB следующего интервала пересылки, такой как IPv4NextHop LFB.

Второй одиночный порт ECMPOut определён для поддержки пользователей, желающих реализовать ECMP.

Флаг ECMP определён в таблице LPM для поддержки в LFB маршрутизации ECMP. Если этот флаг установлен для записи в таблице, это указывает, что запись предназначена лишь для ECMP. Пакеты, соответствующие такой записи, всегда будут выводиться через порт ECMPOut, а селектор интервала будет указывать результат поиска. Выходом обычно является нисходящий LFB для обработки ECMP, где селектор интервала позволяет создать одно или несколько значений next-hop для использования алгоритмами ECMP.

Флаг маршрута по умолчанию определён в таблице LPM для поддержки в LFB принятого по умолчанию маршрута, а также управления пересылкой RPF. При установленном флаге запись таблицы считается принятым по умолчанию маршрутом с запретом пересылки RPF. Если пользователь хочет реализовать RPF в FE, нужно определить конкретный блок RPF LFB. В таком RPF LFB может быть определена компонента, являющаяся псевдонимом компоненты IPv4PrefixTable в этом LFB, которая описана ниже.

Последний одиночный порт ExceptionOut в IPv4UcastLPM LFB определён для вывода пакетов с исключительными ситуациями при обработке вместе с метаданными ExceptionID, указывающими причину. Определена одна причина:

- не найдено соответствия при поиске LPM в таблице префиксов.

Восходящим для этого LFB обычно служит IPv4Validator LFB. При использовании RPF это может быть RPF LFB, когда он будет определён.

Нисходящим LFB обычно является IPv4NextHop LFB. При использовании ECMP это может быть ECMP LFB, когда он будет определён.

5.3.1.2. Компоненты

Этот LFB имеет две компоненты.

IPv4PrefixTable является массивом, каждая строка которого содержит адрес IPv4, размер префикса, селектор интервала, флаги ECMP и маршрута по умолчанию. LFB использует адрес получателя IPv4 в каждом входящем пакете как ключ поиска в этой таблице для извлечения селектора next-hop. Флаг ECMP в LFB служит для поддержки ECMP, а флаг маршрута по умолчанию для поддержки такого маршрута и управления RPF.

Структурная компонента IPv4UcastLPMStats служит для сбора статистики, включая общее число принятых пакетов, число пакетов IPv4, пересланных этим LFB, а также число дейтаграмм IP отброшенных по причине отсутствия маршрута. Отметим, что эта компонента не обязательна для реализации.

5.3.1.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.3.1.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.3.2. IPv4NextHop

Этот LFB абстрагирует процесс выбора IPv4 next-hop.

5.3.2.1. Обработка данных

LFB абстрагирует процесс применения данных о следующем интервале к пакетам IPv4. Он получает пакеты IPv4 с идентификатором следующего интервала (HopSelector) и применяет этот идентификатор как индекс таблицы для поиска подходящего выходного порта LFB.

LFB ожидает приёма индивидуальных пакетов IPv4 через одиночный порт PktsIn вместе с метаданными HopSelector, которые служат индексом для поиска в таблице NextHop. Обработка данных включает уменьшение TTL и расчёт контрольной суммы IP.

¹Longest Prefix Match - наиболее длинное совпадение префикса.

²Equal-cost multipath.

³Reverse path forwarding.

В LFB определены два выходных порта.

Первый порт является групповым и называется SuccessOut. При успешной обработке данных пакет передаётся из группового порта LFB в соответствии со значением LFBOutputSelectIndex, соответствующим записи в таблице. Пакет передаётся в нисходящий LFB с метаданными L3PortID и MediaEncapInfoIndex.

Вторым выходным портом является одиночный порт ExceptionOut, в который выводятся данные при возникновении исключительных ситуаций в процессе обработки вместе с метаданными ExceptionID, указывающими причину исключения. В настоящий момент определено несколько причин, приведённых ниже.

- HopSelector для пакета не пригоден.
- Отказ при поиске в таблице next-hop при корректном HopSelector.
- MTU выходного интерфейса меньше размера пакета.

Экземпляры нисходящих LFB могут иметь тип BasicMetadataDispatch (параграф 5.5.1), используемый для распределения по разным экземплярам LFB, или связанный с инкапсуляцией в среду тип, такой как EtherEncap или RedirectOut (параграф 5.4.2). Например при наличии Ethernet или другой туннельной инкапсуляции BasicMetadataDispatch LFB может использовать метаданные L3PortID (параграф 5.3.2.2) для диспетчеризации пакетов разным инкапсулятором.

5.3.2.2. Компоненты

Этот LFB имеет одну компоненту - массив IPv4NextHopTable. Полученное значение HopSelector служит индексом массива IPv4NextHopTable для поиска строки с информацией next-hop. Структура строк массива описана ниже.

- Идентификатор логического порта L3PortID, который передаётся экземпляру нисходящего LFB. Этот идентификатор указывает тип инкапсулирующего порта, который должен использовать сосед. Эта информация, полученная от L3, влияет на обработку L2 и поэтому должна основываться на метаданных, передаваемых между LFB. Обычно этот идентификатор применяется для LFB следующего интервала, чтобы различать пакеты, которым нужна разная инкапсуляция L2. Например, некоторым пакетам может потребоваться базовая инкапсуляция Ethernet, а другим - туннельная инкапсуляция того или иного типа. В таких случаях пакетам назначаются разные L3PortID, которые передаются в виде метаданных нисходящему LFB. Блок BasicMetadataDispatch LFB (параграф 5.5.1) может служить таким нисходящим LFB для диспетчеризации пакетов экземпляром LFB с разной инкапсуляцией в соответствии с L3PortID.
- MTU - максимальный размер блока на выходном порту.
- NextHopIPAddr - адрес IPv4.
- MediaEncapInfoIndex передаётся нисходящему LFB инкапсуляции и служит ключом поиска в таблице (обычно связанной с инкапсуляцией для разных сред). Отметим, что экземпляр LFB инкапсуляции, использующий эти метаданные, может не следовать непосредственно за данным LFB в процессе обработки. Метаданные MediaEncapInfoIndex добавляются к пакету и передаются через промежуточные LFB, пока не будут применены экземпляром LFB инкапсуляции. В зависимости от реализации CE может устанавливаться для MediaEncapInfoIndex, передаваемого в нисходящем направлении, значение, которое будет приводить к отказу при поиске в целевом LFB инкапсуляции. Это будет говорить о том, что нужно дополнительное распознавание. Пример этого показан в параграфе 7.2, где обсуждается протокол ARP.
- LFBOutputSelectIndex является индексом группового выходного порта LFB для выбора порта нисходящего LFB. Это значение указывает конкретный порт группы SuccessOut, через который будет выводиться пакет с найденной информацией next-hop.

5.3.2.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.3.2.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.3.3. IPv6UcastLPM

IPv6UcastLPM LFB абстрагирует процесс поиска LPM для индивидуальных адресов IPv6. Определение этого LFB похоже на определение IPv4UcastLPM LFB, но адреса IP в нем относятся к IPv6.

LFB также обеспечивает средства для упрощения маршрутизации по множеству равноценных путей (ECMP) и пересылки по обратному пути (RPF). Однако сам LFB не обеспечивает ECMP или RPF. Для реализации их будут определены специальные LFB, например ECMP LFB и RPF LFB.

5.3.3.1. Обработка данных

LFB выполняет поиск индивидуальных адресов IPv6 в таблице LPM. На входе всегда предполагаются индивидуальные пакеты IPv6 из одиночного входного порта PktsIn. LFB использует адрес получателя IPv6 в каждом пакете как ключ поиска в таблице префиксов IPv6 и создаёт селектор интервала (hop) в соответствии с результатом. Селектор передаётся как метаданные пакета нисходящим LFB и обычно служит в качестве поискового индекса для поиска дополнительной информации о следующем интервале (next-hop).

В LFB определены три одиночных выходных порта.

Первый одиночный порт NormalOut выводит индивидуальные пакеты IPv6, для которых найден LPM (и селектор интервала). Селектор связывается с пакетом как метаданные. Нисходящим для LPM LFB обычно является LFB следующего интервала пересылки, такой как IPv6NextHop LFB.

Второй одиночный порт ECMPOut определён для поддержки пользователей, желающих реализовать ECMP.

Флаг ECMP определён в таблице LPM для поддержки в LFB маршрутизации ECMP. Если этот флаг установлен для записи в таблице, это указывает, что запись предназначена лишь для ECMP. Пакеты, соответствующие такой записи, всегда будут выводиться через порт ECMPOut, а селектор интервала будет указывать результат поиска. Выходом обычно является нисходящий LFB для обработки ECMP, где селектор интервала позволяет создать одно или несколько значений next-hop для использования алгоритмами ECMP.

Флаг маршрута по умолчанию определён в таблице LPM для поддержки в LFB принятого по умолчанию маршрута, а также управления пересылкой RPF. При установленном флаге запись таблицы считается принятым по умолчанию маршрутом с запретом пересылки RPF. Если пользователь хочет реализовать RPF в FE, нужно определить конкретный блок RPF LFB. В таком RPF LFB может быть определена компонента, являющаяся псевдонимом компоненты IPv6PrefixTable в этом LFB, которая описана ниже.

Последний одиночный порт ExceptionOut в IPv6UcastLPM LFB определён для вывода пакетов с исключительными ситуациями при обработке вместе с метаданными ExceptionID, указывающими причину. Определена одна причина:

- не найдено соответствия при поиске LPM в таблице префиксов.

Восходящим для этого LFB обычно служит IPv6Validator LFB. При использовании RPF это может быть RPF LFB, когда он будет определён.

Нисходящим LFB обычно является IPv6NextHop LFB. При использовании ECMP это может быть ECMP LFB, когда он будет определён.

5.3.3.2. Компоненты

Этот LFB имеет две компоненты.

IPv6PrefixTable является массивом, каждая строка которого содержит адрес IPv6, размер префикса, селектор интервала, флаги ECMP и маршрута по умолчанию. Флаг ECMP в LFB служит для поддержки ECMP, а флаг маршрута по умолчанию для поддержки такого маршрута и управления RPF, как описано выше.

Структурная компонента IPv6UcastLPMStats служит для сбора статистики, включая общее число принятых пакетов, число пакетов IPv6, пересланных этим LFB, а также число дейтаграмм IP отброшенных по причине отсутствия маршрута. Отметим, что эта компонента не обязательна для реализации.

5.3.3.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.3.3.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.3.4. IPv6NextHop

Этот LFB абстрагирует процесс выбора IPv6 next-hop.

5.3.4.1. Обработка данных

LFB абстрагирует процесс применения данных о следующем интервале к пакетам IPv6. Он получает пакеты IPv6 с идентификатором следующего интервала (HopSelector) и применяет этот идентификатор как индекс таблицы для поиска подходящего выходного порта LFB.

LFB ожидает приёма индивидуальных пакетов IPv6 через одиночный порт PktsIn вместе с метаданными HopSelector, которые служат индексом для поиска в таблице next-hop.

В LFB определены два выходных порта.

Первый порт является групповым и называется SuccessOut. При успешной обработке данных пакет передаётся из группового порта LFB в соответствии со значением LFBOutputSelectIndex, соответствующим записи в таблице. Пакет передаётся в нисходящий LFB с метаданными L3PortID и MediaEncapInfoIndex.

Вторым выходным портом является одиночный порт ExceptionOut, в который выводятся данные при возникновении исключительных ситуаций в процессе обработки вместе с метаданными ExceptionID, указывающими причину исключения. В настоящий момент определено несколько причин, приведённых ниже.

- HopSelector для пакета не пригоден.
- Отказ при поиске в таблице next-hop при корректном HopSelector.
- MTU выходного интерфейса меньше размера пакета.

Экземпляры нисходящих LFB могут иметь тип BasicMetadataDispatch, используемый для распределения по разным экземплярам LFB, или связанный с инкапсуляцией в среду тип, такой как EtherEncap или RedirectOut. Например при наличии Ethernet или другой туннельной инкапсуляции BasicMetadataDispatch LFB может использовать метаданные L3PortID (см. ниже) для диспетчеризации пакетов разным инкапсуляторам.

5.3.4.2. Компоненты

Этот LFB имеет одну компоненту - массив IPv6NextHopTable. Полученное значение HopSelector служит индексом массива IPv6NextHopTable для поиска строки с информацией next-hop. Структура строк массива описана ниже.

- Идентификатор логического порта L3PortID, который передаётся экземпляру нисходящего LFB. Этот идентификатор указывает тип инкапсулирующего порта, который должен использовать сосед. Эта информация, полученная от L3, влияет на обработку L2 и поэтому должна основываться на метаданных, передаваемых между LFB. Обычно этот идентификатор применяется для LFB следующего интервала, чтобы различать пакеты, которым нужна разная инкапсуляция L2. Например, некоторым пакетам может требоваться базовая инкапсуляция Ethernet, а другим - туннельная инкапсуляция того или иного типа. В таких случаях

пакетам назначаются разные L3PortID, которые передаются в виде метаданных нисходящему LFB. Блок BasicMetadataDispatch LFB (параграф 5.5.1) может служить таким нисходящим LFB для диспетчеризации пакетов экземплярам LFB с разной инкапсуляцией в соответствии с L3PortID.

- MTU - максимальный размер блока на выходном порту.
- NextHopIPAddr - адрес IPv6.
- MediaEncapInfoIndex передаётся нисходящему LFB инкапсуляции и служит ключом поиска в таблице (обычно связанной с инкапсуляцией для разных сред). Отметим, что экземпляр LFB инкапсуляции, использующий эти метаданные, может не следовать непосредственно за данным LFB в процессе обработки. Метаданные MediaEncapInfoIndex добавляются к пакету и передаются через промежуточные LFB, пока не будут применены экземпляром LFB инкапсуляции. В зависимости от реализации CE может устанавливаться для MediaEncapInfoIndex, передаваемого в нисходящем направлении, значение, которое будет приводить к отказу при поиске в целевом LFB инкапсуляции. Это будет говорить о том, что нужно дополнительное распознавание. Пример этого показан в параграфе 7.2, где обсуждается протокол ARP.
- LFBOutputSelectIndex является индексом группового выходного порта LFB для выбора порта нисходящего LFB. Это значение указывает конкретный порт группы SuccessOut, через который будет выводиться пакет с найденной информацией next-hop.

5.3.4.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.3.4.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.4. LFB для перенаправления

LFB для перенаправления абстрагируют процесс транспортировки пакетов между CE и FE. Часть пакетов из некоторых LFB может доставляться в CE для дополнительной обработки, а некоторые пакеты, создаваемые CE, могут доставляться FE и далее в конкретные LFB пути обработки данных. В соответствии с [RFC5810] пакеты данных и связанные с ними метаданные инкапсулируются в сообщение ForCES (redirect) для транспортировки между CE и FE. Здесь определяются два LFB для абстрагирования этого процесса RedirectIn LFB и RedirectOut LFB. Обычно в топологии LFB элемента FE имеется один экземпляр RedirectIn LFB и один экземпляр RedirectOut LFB.

5.4.1. RedirectIn

RedirectIn LFB абстрагирует процесс вставки элементом CE пакетов данных в путь данных FE.

5.4.1.1. Обработка данных

RedirectIn LFB абстрагирует процесс вставки элементом CE пакетов данных в топологию FE LFB для их добавления в путь данных FE. С точки зрения топологии LFB блок RedirectIn LFB служит точкой входа пакетов данных от CE, поэтому RedirectIn LFB имеет один выходной порт LFB, но не имеет входных портов.

Единственный выходной порт LFB определён как групповой порт с именем PktsOut. Пакеты из этого порта могут иметь произвольный тип кадров, выбираемый CE, который создаёт эти пакеты. Эти кадры могут содержать пакеты протоколов IPv4, IPv6 или ARP. CE может связать с типом кадра те или иные метаданные, а также связать с пакетом метаданные, содержащие различную информацию о пакете. Среди них **должны** присутствовать метаданные RedirectIndex, которые указывают целочисленный индекс. Когда CE передаёт метаданные с пакетом в RedirectIn LFB, этот LFB будет выводить пакет в один из выходных портов группы в соответствии с индексом порта, указанным RedirectIndex. Все остальные метаданные будут передаваться в неизменном виде вместе с полученным от CE пакетом нисходящему LFB. Это означает, что метаданные RedirectIndex от CE будут «поглощаться» RedirectIn LFB без передачи нисходящему LFB. Отметим, что пакеты от CE без метаданных RedirectIndex будут отбрасываться этим LFB. Все метаданные, видимые LFB, должны быть глобальными и контролируются IANA. Пространства идентификаторов метаданных описаны в разделе 8 с указанием идентификаторов выделенных производителям и для частного применения.

5.4.1.2. Компоненты

Для сбора статистики числа принятых этим LFB от CE пакетов определена необязательная компонента. Других компонент этот LFB в текущей версии не имеет.

5.4.1.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.4.1.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.4.2. RedirectOut

RedirectOut LFB абстрагирует процесс для LFB в FE, которые служат для доставки пакетов в CE.

5.4.2.1. Обработка данных

RedirectOut LFB абстрагирует процесс для LFB в FE, которые служат для доставки пакетов в CE. С точки зрения топологии LFB блок RedirectOut LFB действует как точка сбора пакетов данных, идущих в CE, поэтому RedirectOut LFB определён с одним входным портом и без выходных портов.

RedirectOut LFB имеет единственный одиночный вход PktsIn, но может получать пакеты от множества LFB с помощью мультиплексирования на этом порту. На входе принимаются любые типы кадров, поэтому тип может быть указан как

произвольный. Принимаются также все типы метаданных. Все связанные с пакетом метаданные созданные (но не поглощённые) предыдущими LFB, следует доставлять CE в сообщения ForCES redirect [RFC5810]. CE может выбирать способ обработки пакета в соответствии со связанными метаданными. Например, пакет может быть перенаправлен из FE в CE в результате неспособности EtherEncap LFB распознать информацию L2. Метаданные ExceptionID, созданные EtherEncap LFB, передаются вместе с пакетом и элементу CE их должно быть достаточно для требуемой обработки и распознавания нужной записи L2. Отметим, что все метаданные, видимы LFB, должны быть глобальными и контролируемые IANA. Пространства идентификаторов метаданных описаны в разделе 8 с указанием идентификаторов выделенных производителям и для частного применения.

5.4.2.2. Компоненты

Для сбора статистики числа переданных этим LFB элементу CE пакетов определена необязательная компонента. Других компонент этот LFB в текущей версии не имеет.

5.4.2.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.4.2.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.5. LFB общего назначения

5.5.1. BasicMetadataDispatch

BasicMetadataDispatch LFB определён для абстрагирования процесса, в котором пакеты диспетчеризуются в тот или иной выходной путь на основании значения метаданных.

5.5.1.1. Обработка данных

BasicMetadataDispatch LFB имеет единственный одиночный вход PktsIn. С каждым пакетом следует связывать метаданные, которые LFB будет применять для диспетчеризации. Этот LFB содержит идентификатор метаданных и таблицу диспетчеризации MetadataDispatchTable, настраиваемые элементом CE. Идентификатор указывает метаданные, которые будут служить для диспетчеризации пакета. Таблица MetadataDispatchTable содержит записи со значениями метаданных и OutputIndex, указывающим в какой экземпляр группы выходных портов этого LFB нужно передать пакет с таким значением метаданных.

В LFB определены два выходных порта.

Групповой порт PktsOut служит для передачи пакетов, по значению метаданных которых был найден OutputIndex, в порт с соответствующим индексом.

Вторым является одиночный порт ExceptionOut, куда выводятся данные, при обработке которых возник отказ, вместе с дополнительными метаданными ExceptionID, указывающими причину исключения. В настоящий момент определено одно исключение:

- не найдено соответствия при поиске в таблице данных диспетчеризации.

Например, если CE решает диспетчеризовать пакеты по идентификатору физического порта (PHYPortID), CE может установить идентификатор метаданных PHYPortID первым в LFB. Кроме того, CE устанавливает действующие значения PHYPortID (значения метаданных) и назначает значения OutputIndex для них в таблице диспетчеризации LFB. При получении пакета считываются связанные с ним метаданные PHYPortID и значение идентификатора физического порта служит ключом поиска в таблице диспетчеризации для определения экземпляра выходного порта.

В настоящее время BasicMetadataDispatch LFB поддерживает в таблице диспетчеризации лишь целочисленные 32-битовые значения метаданных. В будущих версиях библиотеки могут быть определены более сложные метаданные. В этом LFB может поддерживаться множество наборов метаданных для диспетчеризации пакетов.

5.5.1.2. Компоненты

LFB имеет две компоненты - MetadataID и MetadataDispatchTable. Каждая запись таблицы диспетчеризации является структурой, содержащей значение метаданных и OutputIndex. Отметим, что в настоящее время поддерживаются лишь целочисленные 32-битовые значения метаданных. Значение метаданных служит также ключом содержимого таблицы, как указано в модели ForCES FE [RFC5812]. С помощью ключей содержимого CE может манипулировать таблицей, используя конкретное значение метаданных, а не только индекс таблицы. Информация о ключах содержимого и работе с ними приведена в модели ForCES FE [RFC5812] и спецификации протокола ForCES [RFC5810].

5.5.1.3. Возможности

У этого LFB нет списка возможностей.

5.5.1.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

5.5.2. GenericScheduler

Это предварительный LFB базового планировщика для процессов расписания.

5.5.2.1. Обработка данных

Имеется множество стратегий планирования с разными реализациями. Являясь базовой библиотекой, данный документ определяет лишь предварительный базовый планировщик для абстрагирования простого расписания. Пользователи могут применять этот LFB в качестве базы для создания более сложных LFB планировщиков с помощью «наследования», описанного в [RFC5812].

Пакеты с произвольным типом кадров принимаются групповым входом PktsIn без ожидания дополнительных метаданных. Групповой вход поддерживает множество экземпляров входных портов, каждый из которых может быть соединён со своим выходом восходящего LFB. Внутри LFB каждый входной порт абстрактно соединён с очередью, имеющей идентификатор, значение которого совпадает с индексом соответствующего экземпляра входного порта. Ко всем очередям и пакетам в них применяются дисциплины планирования. Свойство группового входного порта PortGroupLimits в ObjectLFB, определённое в модели ForCES FE [RFC5810], обеспечивает CE возможность запросить общее число очередей, поддерживаемых планировщиком. Затем CE может решить, сколько очередей может применяться при планировании.

Пакеты выводятся по расписанию через одиночный выходной порт PktsOut без соответствующих метаданных.

Могут быть определены более сложные LFB с комплексными дисциплинами планирования, следующие этому LFB. Например, можно определить LFB планировщика с поддержкой приоритета, следующий этому LFB, путём добавления компоненты для указания приоритета каждой входной очереди.

5.5.2.2. Компоненты

SchedulingDiscipline используется CE для задания дисциплины планирования данного LFB. В настоящее время поддерживается лишь стратегия циклического перебора (RR¹), которая и применяется по умолчанию.

QueueStats позволяет CE запросить статус планировщика для каждой очереди. Это массив, каждая строка которого является структурой, содержащей идентификатор очереди. Определённое в данный момент стояние очереди включает размер очереди в пакетах и байтах. Используя идентификатор очереди в качестве индекса, CE может запросить текущий размер каждой очереди в пакетах и байтах. Отметим, что компонента QueueStats не обязательная для реализации.

5.5.2.3. Возможности

В настоящее время для GenericScheduler определена единственная возможность:

- предельный размер для каждой очереди.

5.5.2.4. События

Этот LFB не задаёт каких-либо событий.

6. XML для библиотеки LFB

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<LFBLibrary xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:forces:lfbmodel:1.0"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  provides="BaseLFBLibrary">
  <load library="BaseTypeLibrary"/>
  <LFBClassDefs>
    <LFBClassDef LFBClassID="3">
      <name>EtherPHYCop</name>
      <synopsis>
        EtherPHYCop LFB описывает интерфейс Ethernet, который
        ограничивает физические среды электрическими кабелями.
      </synopsis>
      <version>1.0</version>
      <inputPorts>
        <inputPort>
          <name>EtherPHYIn</name>
          <synopsis>
            Входной порт EtherPHYCop LFB, принимающий все типы
            кадров Ethernet.
          </synopsis>
          <expectation>
            <frameExpected>
              <ref>EthernetAll</ref>
            </frameExpected>
          </expectation>
        </inputPort>
      </inputPorts>
      <outputPorts>
        <outputPort>
          <name>EtherPHYOut</name>
          <synopsis>
            Выходной порт EtherPHYCop LFB. Выходной пакет имеет
            тот же тип кадре Ethernet, который был у входного
            пакета, связанного с метаданными, указывающими
            идентификатор физического порта.
          </synopsis>
          <product>
            <frameProduced>
              <ref>EthernetAll</ref>
            </frameProduced>
            <metadataProduced>
              <ref>PHYPortID</ref>
            </metadataProduced>
          </product>
        </outputPort>
      </outputPorts>
    </LFBClassDef>
  </LFBClassDefs>
</LFBLibrary>
```

¹Round Robin.

```

<components>
  <component componentID="1" access="read-only">
    <name>PHYPortID</name>
    <synopsis>Идентификация физического порта</synopsis>
    <typeRef>uint32</typeRef>
  </component>
  <component componentID="2" access="read-write">
    <name>AdminStatus</name>
    <synopsis>
      Запрошенный административно статус порта
    </synopsis>
    <typeRef>PortStatusType</typeRef>
    <defaultValue>2</defaultValue>
  </component>
  <component componentID="3" access="read-only">
    <name>OperStatus</name>
    <synopsis>Реальное рабочее состояние порта</synopsis>
    <typeRef>PortStatusType</typeRef>
  </component>
  <component componentID="4" access="read-write">
    <name>AdminLinkSpeed</name>
    <synopsis>
      Административно запрошенная скорость порта
    </synopsis>
    <typeRef>LANSpeedType</typeRef>
    <defaultValue>LAN_SPEED_AUTO</defaultValue>
  </component>
  <component componentID="5" access="read-only">
    <name>OperLinkSpeed</name>
    <synopsis>Реальная рабочая скорость порта</synopsis>
    <typeRef>LANSpeedType</typeRef>
  </component>
  <component componentID="6" access="read-write">
    <name>AdminDuplexMode</name>
    <synopsis>
      Запрошенный административно режим дуплекса
    </synopsis>
    <typeRef>DuplexType</typeRef>
    <defaultValue>Auto</defaultValue>
  </component>
  <component componentID="7" access="read-only">
    <name>OperDuplexMode</name>
    <synopsis>Реальный рабочий режим дуплекса</synopsis>
    <typeRef>DuplexType</typeRef>
  </component>
  <component componentID="8" access="read-only">
    <name>CarrierStatus</name>
    <synopsis>Состояние несущей на порту</synopsis>
    <typeRef>boolean</typeRef>
    <defaultValue>false</defaultValue>
  </component>
</components>
<capabilities>
  <capability componentID="30">
    <name>SupportedLinkSpeed</name>
    <synopsis>Список поддерживаемых портом скоростей</synopsis>
    <array>
      <typeRef>LANSpeedType</typeRef>
    </array>
  </capability>
  <capability componentID="31">
    <name>SupportedDuplexMode</name>
    <synopsis>
      Список поддерживаемых портом режимов дуплекса
    </synopsis>
    <array>
      <typeRef>DuplexType</typeRef>
    </array>
  </capability>
</capabilities>
<events baseID="60">
  <event eventID="1">
    <name>PHYPortStatusChanged</name>
    <synopsis>
      Событие, указывающее смену рабочего состояния
      физического порта.
    </synopsis>
    <eventTarget>
      <eventField>OperStatus</eventField>
    </eventTarget>
    <eventChanged/>
    <eventReports>
      <eventReport>
        <eventField>OperStatus</eventField>
      </eventReport>
    </eventReports>
  </event>
</events>

```

```

</event>
<event eventID="2">
  <name>LinkSpeedChanged</name>
  <synopsis>
    Событие, указывающее смену рабочей скорости
    на физическом порту.
  </synopsis>
  <eventTarget>
    <eventField>OperLinkSpeed</eventField>
  </eventTarget>
  <eventChanged/>
  <eventReports>
    <eventReport>
      <eventField>OperLinkSpeed</eventField>
    </eventReport>
  </eventReports>
</event>
<event eventID="3">
  <name>DuplexModeChanged</name>
  <synopsis>
    Событие, указывающее смену режима дуплекса
    на физическом порту.
  </synopsis>
  <eventTarget>
    <eventField>OperDuplexMode</eventField>
  </eventTarget>
  <eventChanged/>
  <eventReports>
    <eventReport>
      <eventField>OperDuplexMode</eventField>
    </eventReport>
  </eventReports>
</event>
</events>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="4">
  <name>EtherMACIn</name>
  <synopsis>
    EtherMACIn LFB описывает порт Ethernet на уровне MAC.
    LFB описывает функции обработки Ethernet при проверке
    местоположения MAC-адреса, принятии решения о применении
    функций моста Ethernet, управления потоком данных на
    уровне Ethernet и т. п.
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>
    <inputPort group="false">
      <name>EtherPktsIn</name>
      <synopsis>
        Входной порт EtherMACIn LFB. Предполагаются любые
        типы кадров Ethernet.
      </synopsis>
      <expectation>
        <frameExpected>
          <ref>EthernetAll</ref>
        </frameExpected>
        <metadataExpected>
          <ref>PHYPortID</ref>
        </metadataExpected>
      </expectation>
    </inputPort>
  </inputPorts>
  <outputPorts>
    <outputPort group="false">
      <name>NormalPathOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт EtherMACIn LFB. Выводит пакеты Ethernet
        в нисходящий LFB для обычной обработки, такой как
        классификация Ethernet и обработка L3 IP.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>EthernetAll</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>PHYPortID</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort>
      <name>L2BridgingPathOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт EtherMACIn LFB. Выводит пакеты
        Ethernet в нисходящие LFB для выполнения функций
        моста L2. Этот порт включается и отключается
        флагом L2BridgingPathEnable в LFB.
      </synopsis>
    </outputPort>
  </outputPorts>

```

```

</synopsis>
<product>
  <frameProduced>
    <ref>EthernetAll</ref>
  </frameProduced>
  <metadataProduced>
    <ref>PHYPortID</ref>
  </metadataProduced>
</product>
</outputPort>
</outputPorts>
<components>
  <component componentID="1" access="read-write">
    <name>AdminStatus</name>
    <synopsis>
      Административно запрошенное состояние LFB, имеющее такой
      же тип данных как статус порта. По умолчанию Down.
    </synopsis>
    <typeRef>PortStatusType</typeRef>
    <defaultValue>2</defaultValue>
  </component>
  <component componentID="2" access="read-write">
    <name>LocalMACAddresses</name>
    <synopsis>
      Локальные MAC-адреса порта Ethernet, представленного LFB.
    </synopsis>
    <array>
      <typeRef>IEEEEMAC</typeRef>
    </array>
  </component>
  <component componentID="3" access="read-write">
    <name>L2BridgingPathEnable</name>
    <synopsis>
      Флаг, указывающий состояние выходного порта LFB L2
      BridgingPath. По умолчанию порт выключен.
    </synopsis>
    <typeRef>boolean</typeRef>
    <defaultValue>>false</defaultValue>
  </component>
  <component componentID="4" access="read-write">
    <name>PromiscuousMode</name>
    <synopsis>
      Флаг, указывающий состояние неразборчивого режима
      LFB. По умолчанию выключен.
    </synopsis>
    <typeRef>boolean</typeRef>
    <defaultValue>>false</defaultValue>
  </component>
  <component componentID="5" access="read-write">
    <name>TxFlowControl</name>
    <synopsis>
      Флаг, указывающий состояние управления потоком
      данных на выходе. По умолчанию выключено.
    </synopsis>
    <optional/>
    <typeRef>boolean</typeRef>
    <defaultValue>>false</defaultValue>
  </component>
  <component componentID="6" access="read-write">
    <name>RxFlowControl</name>
    <synopsis>
      Флаг, указывающий состояние управления потоком
      данных на входе. По умолчанию выключено.
    </synopsis>
    <optional/>
    <typeRef>boolean</typeRef>
    <defaultValue>>false</defaultValue>
  </component>
  <component componentID="7" access="read-reset">
    <name>MACInStats</name>
    <synopsis>Статистика EtherMACIn LFB</synopsis>
    <optional/>
    <typeRef>MACInStatsType</typeRef>
  </component>
</components>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="5">
  <name>EtherClassifier</name>
  <synopsis>
    EtherClassifier LFB описывает процесс декапсуляции пакетов
    Ethernet и их классификации по протоколам сетевого уровня
    в соответствии с заголовками Ethernet. Предполагается, что
    LFB классифицирует пакеты IPv4, IPv6, MPLS, ARP, ND и т. п.
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>

```

```

<inputPort>
  <name>EtherPktsIn</name>
  <synopsis>
    Входной порт пакетов Ethernet. Метаданные PHYPortID
    предполагаются всегда, а LogicalPortID - опциональны
    для входящих пакетов Ethernet.
  </synopsis>
  <expectation>
    <frameExpected>
      <ref>EthernetAll</ref>
    </frameExpected>
    <metadataExpected>
      <ref>PHYPortID</ref>
      <ref dependency="optional" defaultValue="0">
        LogicalPortID</ref>
      </metadataExpected>
    </expectation>
</inputPort>
</inputPorts>
<outputPorts>
  <outputPort group="true">
    <name>ClassifyOut</name>
    <synopsis>
      Групповой порт для вывода результатов классификации
      Ethernet.
    </synopsis>
    <product>
      <frameProduced>
        <ref>Arbitrary</ref>
      </frameProduced>
      <metadataProduced>
        <ref>PHYPortID</ref>
        <ref>SrcMAC</ref>
        <ref>DstMAC</ref>
        <ref>EtherType</ref>
        <ref availability="conditional">VlanID</ref>
        <ref availability="conditional">VlanPriority</ref>
      </metadataProduced>
    </product>
  </outputPort>
  <outputPort group="false">
    <name>ExceptionOut</name>
    <synopsis>
      Отдельный порт для вывода всех пакетов Ethernet с
      отказом при классификации. Метаданные ExceptionID
      указывают причину отказа.
    </synopsis>
    <product>
      <frameProduced>
        <ref>Arbitrary</ref>
      </frameProduced>
      <metadataProduced>
        <ref>ExceptionID</ref>
      </metadataProduced>
    </product>
  </outputPort>
</outputPorts>
<components>
  <component access="read-write" componentID="1">
    <name>EtherDispatchTable</name>
    <synopsis>
      Элемент массива EtherDispatchTable, определённого в
      LFB для диспетчеризации каждого пакета Ethernet в
      выходные порты по идентификатору логического порта
      назначенному VlanInputTable в LFB и типу Ethernet в
      заголовке пакета Ethernet.
    </synopsis>
    <typeRef>EtherDispatchTableType</typeRef>
  </component>
  <component access="read-write" componentID="2">
    <name>VlanInputTable</name>
    <synopsis>
      Элемент массива VlanInputTable, определённого в LFB для
      классификации пакетов VLAN Ethernet. Каждому входному
      пакету назначается новый LogicalPortID в соответствии
      с идентификатором входного порта и VLAN ID.
    </synopsis>
    <typeRef>VlanInputTableType</typeRef>
  </component>
  <component access="read-reset" componentID="3">
    <name>EtherClassifyStats</name>
    <synopsis>
      Таблица статистики процесса классификации Ethernet
      в LFB.
    </synopsis>
  </component>
</components>

```

```

<typeRef>EtherClassifyStatsTableType</typeRef>
</component>
</components>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="6">
  <name>EtherEncap</name>
  <synopsis>
    EtherEncap LFB абстрагирует процесс инкапсуляции заголовков
    Ethernet в принятые пакеты на основе полученных метаданных.
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>
    <inputPort group="false">
      <name>EncapIn</name>
      <synopsis>
        Входной порт, получающий пакеты IPv4 и/или IPv6 для
        инкапсуляции. Ожидаются метаданные MediaEncapInfoIndex
        для каждого пакета и могут присутствовать метаданные
        приоритета VLAN.
      </synopsis>
      <expectation>
        <frameExpected>
          <ref>IPv4</ref>
          <ref>IPv6</ref>
        </frameExpected>
        <metadataExpected>
          <ref>MediaEncapInfoIndex</ref>
          <ref dependency="optional" defaultValue="0">
            VlanPriority</ref>
          </metadataExpected>
        </expectation>
      </inputPort>
    </inputPorts>
    <outputPorts>
      <outputPort group="false">
        <name>SuccessOut</name>
        <synopsis>
          Выходной порт для пакетов, в которых найдена информация
          Ethernet L2 и которые успешно инкапсулированы в пакеты
          Ethernet. Для каждого выходного пакета создаются
          метаданные L2PortID.
        </synopsis>
        <product>
          <frameProduced>
            <ref>IPv4</ref>
            <ref>IPv6</ref>
          </frameProduced>
          <metadataProduced>
            <ref>L2PortID</ref>
          </metadataProduced>
        </product>
      </outputPort>
      <outputPort group="false">
        <name>ExceptionOut</name>
        <synopsis>
          Выходной порт для пакетов с отказом при инкапсуляции в
          LFB. метаданные ExceptionID указывают причину отказа.
        </synopsis>
        <product>
          <frameProduced>
            <ref>IPv4</ref>
            <ref>IPv6</ref>
          </frameProduced>
          <metadataProduced>
            <ref>ExceptionID</ref>
            <ref>MediaEncapInfoIndex</ref>
            <ref availability="conditional">VlanPriority</ref>
          </metadataProduced>
        </product>
      </outputPort>
    </outputPorts>
    <components>
      <component componentID="1" access="read-write">
        <name>EncapTable</name>
        <synopsis>
          Таблица для поиска данных инкапсуляции Ethernet, каждая
          строка которой содержит MAC-адреса отправителя и
          получателя, VLAN ID, и идентификатор выходного
          логического порта L2.
        </synopsis>
        <typeRef>EncapTableType</typeRef>
      </component>
    </components>
  </LFBClassDef>
  <LFBClassDef LFBClassID="7">
    <name>EtherMACOut</name>

```

```

<synopsis>
  EtherMACOut LFB абстрагирует порт Ethernet на уровне MAC и
  описывает обработку пакетов Ethernet для вывода в физический
  порт. Нисходящим LFB обычно является физический Ethernet
  LFB, такой как EtherPHYCop LFB. Отметим, что выходные функции
  Ethernet тесно связаны со входными, поэтому некоторые
  компоненты этого LFB являются псевдонимами компонент EtherMACIn.
</synopsis>
<version>1.0</version>
<inputPorts>
  <inputPort group="false">
    <name>EtherPktsIn</name>
    <synopsis>
      Входной порт EtherMACOut LFB. Принимает все типы
      кадров Ethernet.
    </synopsis>
    <expectation>
      <frameExpected>
        <ref>EthernetAll</ref>
      </frameExpected>
      <metadataExpected>
        <ref>PHYPortID</ref>
      </metadataExpected>
    </expectation>
  </inputPort>
</inputPorts>
<outputPorts>
  <outputPort group="false">
    <name>EtherPktsOut</name>
    <synopsis>
      Порт для вывода всех пакетов Ethernet, каждый из
      которых имеет метаданные, указывающие идентификатор
      физического порта, через который пакет должен пройти.
    </synopsis>
    <product>
      <frameProduced>
        <ref>EthernetAll</ref>
      </frameProduced>
      <metadataProduced>
        <ref>PHYPortID</ref>
      </metadataProduced>
    </product>
  </outputPort>
</outputPorts>
<components>
  <component componentID="1" access="read-write">
    <name>AdminStatus</name>
    <synopsis>
      Административно запрошенное состояние LFB, совпадающее
      по типу данных с состоянием порта. Компонента
      определена как псевдоним AdminStatus из EtherMACIn LFB.
    </synopsis>
    <alias>PortStatusType</alias>
  </component>
  <component componentID="2" access="read-write">
    <name>MTU</name>
    <synopsis>максимальный передаваемый блок (MTU) </synopsis>
    <typeRef>uint32</typeRef>
  </component>
  <component componentID="3" access="read-write">
    <name>TxFlowControl</name>
    <synopsis>
      флаг, указывающий применение контроля потока данных при
      передаче. Определён как псевдоним TxFlowControl из
      EtherMACIn LFB.
    </synopsis>
    <optional/>
    <alias>boolean</alias>
  </component>
  <component componentID="4" access="read-write">
    <name>RxFlowControl</name>
    <synopsis>
      флаг, указывающий применение контроля потока данных на
      приёме. Определён как псевдоним RxFlowControl из
      EtherMACIn LFB.
    </synopsis>
    <optional/>
    <alias>boolean</alias>
  </component>
  <component componentID="5" access="read-reset">
    <name>MACOutStats</name>
    <synopsis>Статистика EtherMACOut LFB</synopsis>
    <optional/>
    <typeRef>MACOutStatsType</typeRef>
  </component>
</components>

```

```

</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="8">
  <name>IPv4Validator</name>
  <synopsis>
    Этот LFB проверяет пакеты IPv4 в соответствии с RFC 1812 и
    обновлениями. Пакет IPv4 будет выводиться в соответствующий
    порт LFB, показывающий, является пакет индивидуальным или
    групповым и возникли ли исключительные ситуации или отказы
    при проверке.
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>
    <inputPort>
      <name>ValidatePktsIn</name>
      <synopsis>Входной порт для проверяемых пакетов</synopsis>
      <expectation>
        <frameExpected>
          <ref>Arbitrary</ref>
        </frameExpected>
      </expectation>
    </inputPort>
  </inputPorts>
  <outputPorts>
    <outputPort>
      <name>IPv4UnicastOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для прошедших проверку индивидуальных пакетов IPv4
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv4Unicast</ref>
        </frameProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort>
      <name>IPv4MulticastOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для прошедших проверку групповых пакетов IPv4
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv4Multicast</ref>
        </frameProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort>
      <name>ExceptionOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для всех пакетов с исключительными случаями
        при проверке. Метаданные ExceptionID указывают тип
        исключительного случая.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv4</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>ExceptionID</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort>
      <name>FailOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для пакетов с отказом при проверке.
        Метаданные ValidateErrorID указывают тип или причину отказа.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv4</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>ValidateErrorID</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
  </outputPorts>
  <components>
    <component access="read-write" componentID="1">
      <name>IPv4ValidatorStats</name>
      <synopsis>Статистика для процесса проверки в LFB.</synopsis>
      <optional/>
      <typeRef>IPv4ValidatorStatsType</typeRef>
    </component>
  </components>
</LFBClassDef>

```



```

<LFBClassDef LFBClassID="9">
  <name>IPv6Validator</name>
  <synopsis>
    Этот LFB проверяет пакеты IPv6 в соответствии с RFC 2460 и
    обновлениями. Пакет IPv6 будет выводиться в соответствующий
    порт LFB, показывающий, является пакет индивидуальным или
    групповым и возникли ли исключительные ситуации или отказы
    при проверке.
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>
    <inputPort>
      <name>ValidatePktsIn</name>
      <synopsis>Входной порт для проверяемых пакетов</synopsis>
      <expectation>
        <frameExpected>
          <ref>Arbitrary</ref>
        </frameExpected>
      </expectation>
    </inputPort>
  </inputPorts>
  <outputPorts>
    <outputPort>
      <name>IPv6UnicastOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для прошедших проверку индивидуальных пакетов IPv6
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv6Unicast</ref>
        </frameProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort>
      <name>IPv6MulticastOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для прошедших проверку групповых пакетов IPv6
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv6Multicast</ref>
        </frameProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort>
      <name>ExceptionOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для всех пакетов с исключительными случаями
        при проверке. Метаданные ExceptionID указывают тип
        исключительного случая.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv6</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>ExceptionID</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort>
      <name>FailOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для пакетов с отказом при проверке.
        Метаданные ValidateErrorID указывают тип или причину отказа.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv6</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>ValidateErrorID</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
  </outputPorts>
  <components>
    <component access="read-write" componentID="1">
      <name>IPv6ValidatorStats</name>
      <synopsis>
        <synopsis>Статистика для процесса проверки в LFB.</synopsis>
      </synopsis>
      <optional/>
      <typeRef>IPv6ValidatorStatsType</typeRef>
    </component>
  </components>

```

```

</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="10">
  <name>IPv4UcastLPM</name>
  <synopsis>
    IPv4UcastLPM LFB абстрагирует процесс IPv4 поиска LPM.
    LFB поддерживает реализации маршрутизации ECMP и
    пересылки по обратному пути (RPF).
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>
    <inputPort group="false">
      <name>PktsIn</name>
      <synopsis>
        Порт для получения обрабатываемых пакетов.
        Предполагаются индивидуальные пакеты IPv4.
      </synopsis>
      <expectation>
        <frameExpected>
          <ref>IPv4Unicast</ref>
        </frameExpected>
      </expectation>
    </inputPort>
  </inputPorts>
  <outputPorts>
    <outputPort group="false">
      <name>NormalOut</name>
      <synopsis>
        Порт для вывода индивидуальных пакетов IPv4, прошедших
        поиск LPM. Создаются метаданные HopSelector для
        привязки каждого выходного пакета в нисходящему LFB
        для действия next-hop.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv4Unicast</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>HopSelector</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort group="false">
      <name>ECMPOut</name>
      <synopsis>
        Порт для вывода пакетов, требующих дополнительной
        обработки ECMP. За этим портом обычно следует
        нисходящий LFB обработки ECMP. Если ECMP не требуется,
        к порту не подключаться нисходящий LFB.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv4Unicast</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>HopSelector</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort group="false">
      <name>ExceptionOut</name>
      <synopsis>
        Порт для вывода всех пакетов с исключительными случаями
        в процессе LPM. Метаданные ExceptionID указывают
        причину исключения.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv4Unicast</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>ExceptionID</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
  </outputPorts>
  <components>
    <component componentID="1" access="read-write">
      <name>IPv4PrefixTable</name>
      <synopsis>
        Таблица для максимального соответствия префикса IPv4
        (LPM). Адрес получателя IPv4 каждого входного пакета
        служит ключом поиска в таблице селектора next-hop.
      </synopsis>
      <typeRef>IPv4PrefixTableType</typeRef>
    </component>
    <component componentID="2" access="read-reset">

```

```

<name>IPv4UcastLPMStats</name>
<synopsis>
  Статистика процесса LPM для индивидуальных адресов IPv4.
</synopsis>
<optional/>
<typeRef>IPv4UcastLPMStatsType</typeRef>
</component>
</components>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="11">
<name>IPv6UcastLPM</name>
<synopsis>
  IPv6UcastLPM LFB абстрагирует процесс поиска наиболее
  длинного префикса (LPM) для индивидуального адреса IPv6.
  LFB поддерживает реализацию ESMР и RPF.
</synopsis>
<version>1.0</version>
<inputPorts>
  <inputPort group="false">
    <name>PktsIn</name>
    <synopsis>
      Порт для ввода пакетов на обработку.
      Предполагаются индивидуальные пакеты IPv6.
    </synopsis>
    <expectation>
      <frameExpected>
        <ref>IPv6Unicast</ref>
      </frameExpected>
    </expectation>
  </inputPort>
</inputPorts>
<outputPorts>
  <outputPort group="false">
    <name>NormalOut</name>
    <synopsis>
      Порт для вывода индивидуальных пакетов IPv6, прошедших
      поиск LPM. Создаются метаданные HopSelector для
      привязки каждого выходного пакета в нисходящему LFB
      для действия next-hop.
    </synopsis>
    <product>
      <frameProduced>
        <ref>IPv6Unicast</ref>
      </frameProduced>
      <metadataProduced>
        <ref>HopSelector</ref>
      </metadataProduced>
    </product>
  </outputPort>
  <outputPort group="false">
    <name>ESMPOut</name>
    <synopsis>
      Порт для вывода пакетов, требующих дополнительной
      обработки ESMР. За этим портом обычно следует
      нисходящий LFB обработки ESMР. Если ESMР не требуется,
      к порту не подключаться нисходящий LFB.
    </synopsis>
    <product>
      <frameProduced>
        <ref>IPv6Unicast</ref>
      </frameProduced>
      <metadataProduced>
        <ref>HopSelector</ref>
      </metadataProduced>
    </product>
  </outputPort>
  <outputPort group="false">
    <name>ExceptionOut</name>
    <synopsis>
      Порт для вывода всех пакетов с исключительными случаями
      в процессе LPM. Метаданные ExceptionID указывают
      причину исключения.
    </synopsis>
    <product>
      <frameProduced>
        <ref>IPv6Unicast</ref>
      </frameProduced>
      <metadataProduced>
        <ref>ExceptionID</ref>
      </metadataProduced>
    </product>
  </outputPort>
</outputPorts>
<components>
  <component componentID="1" access="read-write">
    <name>IPv6PrefixTable</name>

```

```

<synopsis>
  Таблица для максимального соответствия префикса IPv6
  (LPM). Адрес получателя IPv6 каждого входного пакета
  служит ключом поиска в таблице селектора next-hop.
</synopsis>
<typeRef>IPv6PrefixTableType</typeRef>
</component>
<component componentID="2" access="read-reset">
  <name>IPv6UcastLPMStats</name>
  <synopsis>
    Статистика процесса LPM для индивидуальных адресов IPv6.
  </synopsis>
  <optional/>
  <typeRef>IPv6UcastLPMStatsType</typeRef>
</component>
</components>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="12">
  <name>IPv4NextHop</name>
  <synopsis>
    IPv4NextHop LFB абстрагирует процесс обработки next-hop
    применительно к пакетам IPv4. Он получает пакеты IPv4 с
    идентификатором next-hop (HopSelector) и использует
    идентификатор в качестве индекса для поиска в таблице
    next-hop подходящего выходного порта. Обработка также
    включает декремент TTL и пересчёт контрольной суммы IP.
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>
    <inputPort group="false">
      <name>PktsIn</name>
      <synopsis>
        Порт для ввода индивидуальных пакетов IPv4 с
        метаданными HopSelector.
      </synopsis>
      <expectation>
      <frameExpected>
        <ref>IPv4Unicast</ref>
      </frameExpected>
      <metadataExpected>
        <ref>HopSelector</ref>
      </metadataExpected>
      </expectation>
    </inputPort>
  </inputPorts>
  <outputPorts>
    <outputPort group="true">
      <name>SuccessOut</name>
      <synopsis>
        Порт для вывода пакетов с найденным next-hop. С каждым
        пакетом связаны те или иные метаданные.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv4Unicast</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>L3PortID</ref>
          <ref>NextHopIPv4Addr</ref>
          <ref availability="conditional">
            MediaEncapInfoIndex</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
    <outputPort group="false">
      <name>ExceptionOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для пакетов с исключительными случаями.
        ExceptionID указывает причину исключения.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>IPv4Unicast</ref>
        </frameProduced>
        <metadataProduced>
          <ref>ExceptionID</ref>
        </metadataProduced>
      </product>
    </outputPort>
  </outputPorts>
  <components>
    <component componentID="1">
      <name>IPv4NextHopTable</name>
      <synopsis>
        Компонента IPv4NextHopTable. HopSelector служит для
        сопоставления с индексом таблицы при поиске строки,

```

```

        содержащей информацию next-hop.
    </synopsis>
    <typeRef>IPv4NextHopTableType</typeRef>
</component>
</components>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="13">
    <name>IPv6NextHop</name>
    <synopsis>
        Этот LFB абстрагирует процесс обработки next-hop применительно к пакетам IPv6. Он получает пакеты IPv6 с идентификатором next-hop (HopSelector) и использует идентификатор в качестве индекса для поиска в таблице next-hop подходящего выходного порта.
    </synopsis>
    <version>1.0</version>
    <inputPorts>
        <inputPort group="false">
            <name>PktsIn</name>
            <synopsis>
                Порт для ввода индивидуальных пакетов IPv6 с метаданными HopSelector.
            </synopsis>
            <expectation>
                <frameExpected>
                    <ref>IPv6Unicast</ref>
                </frameExpected>
                <metadataExpected>
                    <ref>HopSelector</ref>
                </metadataExpected>
            </expectation>
        </inputPort>
    </inputPorts>
    <outputPorts>
        <outputPort group="true">
            <name>SuccessOut</name>
            <synopsis>
                Порт для вывода пакетов с найденным next-hop. С каждым пакетом связаны те или иные метаданные.
            </synopsis>
            <product>
                <frameProduced>
                    <ref>IPv6Unicast</ref>
                </frameProduced>
                <metadataProduced>
                    <ref>L3PortID</ref>
                    <ref>NextHopIPv6Addr</ref>
                    <ref availability="conditional">MediaEncapInfoIndex</ref>
                </metadataProduced>
            </product>
        </outputPort>
        <outputPort group="false">
            <name>ExceptionOut</name>
            <synopsis>
                Выходной порт для пакетов с исключительными случаями. ExceptionID указывает причину исключения.
            </synopsis>
            <product>
                <frameProduced>
                    <ref>IPv6Unicast</ref>
                </frameProduced>
                <metadataProduced>
                    <ref>ExceptionID</ref>
                </metadataProduced>
            </product>
        </outputPort>
    </outputPorts>
    <components>
        <component componentID="1">
            <name>IPv6NextHopTable</name>
            <synopsis>
                Компонента IPv6NextHopTable. HopSelector служит для сопоставления с индексом таблицы при поиске строки, содержащей информацию next-hop.
            </synopsis>
            <typeRef>IPv6NextHopTableType</typeRef>
        </component>
    </components>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="14">
    <name>RedirectIn</name>
    <synopsis>
        RedirectIn LFB абстрагирует для ForCES CE процесс вставки пакетов в ForCES FE LFB.
    </synopsis>

```

```

<version>1.0</version>
<outputPorts>
  <outputPort group="true">
    <name>PktsOut</name>
    <synopsis>
      Выходной порт RedirectIn LFB, являющийся групповым.
      С точки зрения топологии LFB этот порт служит точкой
      входа пакетов данных от CE, поэтому LFB определён с
      одним выходным портом и не имеет входных портов.
    </synopsis>
    <product>
      <frameProduced>
        <ref>Arbitrary</ref>
      </frameProduced>
    </product>
  </outputPort>
</outputPorts>
<components>
  <component componentID="1">
    <name>NumPacketsReceived</name>
    <synopsis>Число пакетов, принятых от CE.</synopsis>
    <optional/>
    <typeRef>uint64</typeRef>
  </component>
</components>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="15">
  <name>RedirectOut</name>
  <synopsis>
    RedirectOut LFB абстрагирует в LFB процесс передачи пакетов
    из ForCES FE в ForCES CE.
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>
    <inputPort group="false">
      <name>PktsIn</name>
      <synopsis>
        Входной порт RedirectOut LFB. С точки зрения топологии
        LFB блок RedirectOut LFB служит точкой сбора пакетов
        данных, идущих в CE, поэтому RedirectOut LFB определён
        с одним входным портом (без выходных).
      </synopsis>
      <expectation>
        <frameExpected>
          <ref>Arbitrary</ref>
        </frameExpected>
      </expectation>
    </inputPort>
  </inputPorts>
  <components>
    <component componentID="1">
      <name>NumPacketsSent</name>
      <synopsis>Число пакетов, переданных CE.</synopsis>
      <optional/>
      <typeRef>uint64</typeRef>
    </component>
  </components>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="16">
  <name>BasicMetadataDispatch</name>
  <synopsis>
    BasicMetadataDispatch LFB определён как абстракция процесса
    диспетчеризации пакетов в разные выходные пути на основе
    метаданных. В настоящее время этот LFB поддерживает лишь
    32-битовые целочисленные значения метаданных.
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>
    <inputPort>
      <name>PktsIn</name>
      <synopsis>
        Входной порт для диспетчеризации пакетов. Каждый входной
        пакет должен быть связан с метаданными, которые будут
        применяться LFB для диспетчеризации.
      </synopsis>
      <expectation>
        <frameExpected>
          <ref>Arbitrary</ref>
        </frameExpected>
        <metadataExpected>
          <ref>Arbitrary</ref>
        </metadataExpected>
      </expectation>
    </inputPort>
  </inputPorts>
  <outputPorts>

```

```

<outputPort group="true">
  <name>PktsOut</name>
  <synopsis>
    Групповой выходной порт для вывода результатов
    диспетчеризации. Пакет со связанными метаданными,
    для которого найден OutputIndex в таблице
    диспетчеризации, будет выведен в экземпляр группового
    порта в соответствии с индексом.
  </synopsis>
  <product>
    <frameProduced>
      <ref>Arbitrary</ref>
    </frameProduced>
  </product>
</outputPort>
<outputPort group="false">
  <name>ExceptionOut</name>
  <synopsis>
    Выходной порт для пакетов с отказом при обработке.
    Метаданные ExceptionID указывают причину исключения.
  </synopsis>
  <product>
    <frameProduced>
      <ref>Arbitrary</ref>
    </frameProduced>
    <metadataProduced>
      <ref>ExceptionID</ref>
    </metadataProduced>
  </product>
</outputPort>
</outputPorts>
<components>
  <component access="read-write" componentID="1">
    <name>MetadataID</name>
    <synopsis>
      Идентификатор метаданных для использования
      при диспетчеризации пакетов.
    </synopsis>
    <typeRef>uint32</typeRef>
  </component>
  <component access="read-write" componentID="2">
    <name>MetadataDispatchTable</name>
    <synopsis>
      Компонента MetadataDispatchTable, содержащая значение
      метаданных и выходной индекс, указывающие, что пакет
      с таким значением метаданных нужно передать через порт
      с найденным индексом группового выходного порта LFB.
    </synopsis>
    <typeRef>MetadataDispatchTableType</typeRef>
  </component>
</components>
</LFBClassDef>
<LFBClassDef LFBClassID="17">
  <name>GenericScheduler</name>
  <synopsis>
    Предварительный базовый планировщик, абстрагирующий
    простой процесс планирования, который может служить
    базовым LFB для создания более сложных планировщиков.
  </synopsis>
  <version>1.0</version>
  <inputPorts>
    <inputPort group="true">
      <name>PktsIn</name>
      <synopsis>
        Групповой входной порт LFB. Внутри LFB каждый
        экземпляр группового порта соединён с очередью,
        идентификатор которой совпадает с индексом экземпляра.
      </synopsis>
      <expectation>
        <frameExpected>
          <ref>Arbitrary</ref>
        </frameExpected>
      </expectation>
    </inputPort>
  </inputPorts>
  <outputPorts>
    <outputPort>
      <name>PktsOut</name>
      <synopsis>
        Выходной порт для вывода пакетов из планировщика.
      </synopsis>
      <product>
        <frameProduced>
          <ref>Arbitrary</ref>
        </frameProduced>
      </product>
    </outputPort>
  </outputPorts>

```

```

</outputPort>
</outputPorts>
<components>
  <component access="read-write" componentID="1">
    <name>SchedulingDiscipline</name>
    <synopsis>
      SchedulingDiscipline применяется CE для указания
      LFB дисциплины планирования.
    </synopsis>
    <typeRef>SchdDisciplineType</typeRef>
    <defaultValue>1</defaultValue>
  </component>
  <component access="read-only" componentID="2">
    <name>QueueStats</name>
    <synopsis>
      QueueStats позволяет CE запросить статистику
      каждой очереди в планировщике.
    </synopsis>
    <optional/>
    <typeRef>QueueStatsTableType</typeRef>
  </component>
</components>
<capabilities>
  <capability componentID="30">
    <name>QueueLenLimit</name>
    <synopsis>
      Возможность QueueLenLimit указывает максимальный
      размер каждой очереди в байтах.
    </synopsis>
    <typeRef>uint32</typeRef>
  </capability>
</capabilities>
</LFBClassDef>
</LFBClassDefs>
</LFBLibrary>

```

7. Примеры использования классов LFB

В этом разделе приведены примеры использования классов LFB, определённой в разделе 6 базовой библиотеки LFB, для реализации некоторых типовых функций маршрутизации, включая:

- пересылку IPv4;
- обработку ARP.

Предполагается, что топология LFB в FE задана элементом CE и соответствует рассматриваемым примерам.

Рассмотренные здесь случаи являются просто примерами и не могут считаться единственным вариантом реализации функций маршрутизатора из LFB. На основе возможностей FE элемент CE должен быть способен выразить различные варианты реализации NE.

7.1. Пересылка IPv4

На рисунке 2 показан типичный путь обработки при пересылке индивидуальных пакетов IPv4 в среде с интерфейсами Ethernet на основе базовых классов LFB. Отметим, что на этом рисунке не показаны некоторые входы и выходы, не относящиеся напрямую к функции пересылки IPv4. Например, EtherClassifier LFB обычно имеет два выходных порта — групповой ClassifyOut и одиночный ExceptionOut, при этом групповой порт имеет множество разных экземпляров выходных портов в соответствии с классификацией пакетов (параграф 5.1.3). На рисунке показаны лишь выходные порты для пакетов IPv4 и IPv6, чтобы лучше проиллюстрировать функцию пересылки IPv4.

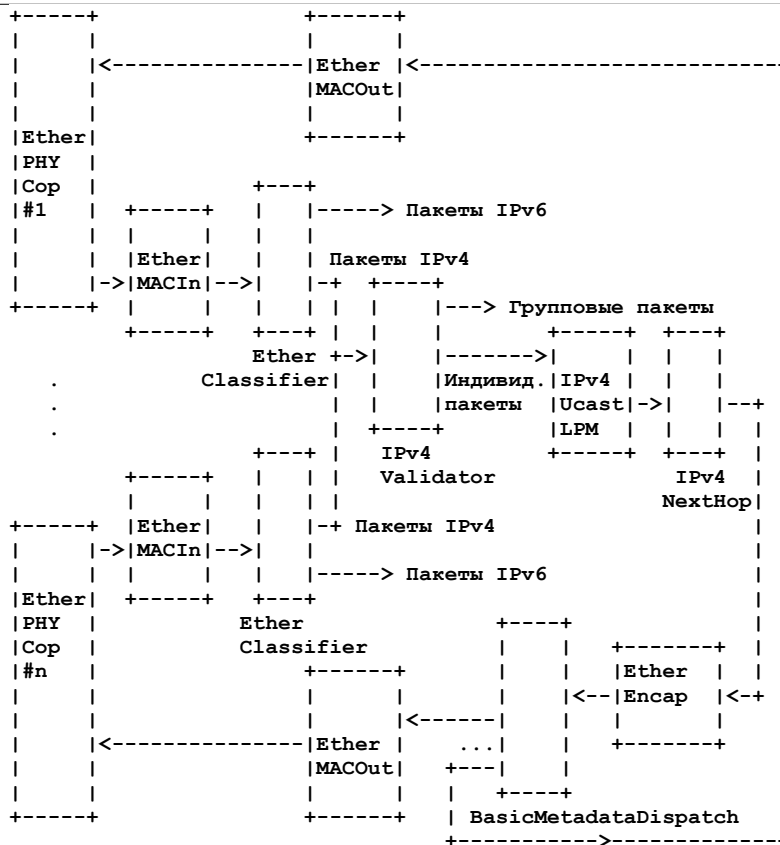


Рисунок 2. Пример использования LFB для пересылки IPv4.

В этом примере использования LFB множество экземпляров EtherPHYCop LFB (параграф 5.1.1) служит для описания функций физического уровня в портах. Метаданные PHYPortID создаются EtherPHYCop LFB и применяется всеми последующими нисходящими LFB. Блок EtherMACIn LFB (параграф 5.1.2), описывающий обработку на уровне MAC, следует за каждым EtherPHYCop LFB. Блок EtherMACIn LFB может проверять местоположение MAC-адресов, если CE настроит соответствующую компоненту EtherMACIn LFB.

Пакеты Ethernet из EtherMACIn LFB передаются в EtherClassifier LFB (параграф 5.1.3) для декапсуляции и классификации по протоколам сетевого уровня (IPv4, IPv6, ARP и т. п.). В приведённом примере каждый физический интерфейс Ethernet связан с одним интерфейсом Classifier. Здесь это не показано, но желательно связать все физические интерфейсы с единственным экземпляром Ethernet Classifier.

EtherClassifier использует метаданные PHYPortID, тип Ethernet из входящего пакета и VlanID (при наличии) для определения типа сетевого уровня и выходного порта LFB к нисходящему LFB. Блок EtherClassifier LFB также задаёт новые метаданные с идентификатором логического порта для последующего использования. EtherClassifier может создавать для каждого пакета дополнительные метаданные, включая EtherType, SrcMAC, DstMAC, LogicPortID и т. п., потребляемые нисходящими LFB.

Если пакет классифицирован как IPv4, он передаётся нисходящему IPv4Validator LFB (параграф 5.2.1) для проверки, где пакеты IPv4 просматриваются на предмет пригодности и классифицируются как индивидуальные или групповые. Индивидуальные пакеты передаются в нисходящий IPv4UcastLPM LFB (параграф 5.3.1).

В IPv4UcastLPM LFB находится самый длинный совпадающий префикс и выбирается next-hop. Метаданные с идентификатором next-hop создаются IPv4UcastLPM LFB и потребляются IPv4NextHop LFB (параграф 5.3.2).

IPv4NextHop LFB использует идентификатор метаданных для определения выходного порта, типа инкапсуляции в среду и т. п. IPv4NextHop LFB создаёт метаданные L3PortID, служащие для идентификации выходного физического или логического порта для данного next-hop. В примере выходной порт следующего интервала имеет тип Ethernet, поэтому пакет и метаданные идентификатора порта L3 передаются нисходящему EtherEncap LFB (параграф 5.1.4).

EtherEncap LFB инкапсулирует входящий пакет в кадр Ethernet. Блок BasicMetadataDispatch LFB (параграф 5.5.1) следует за EtherEncap LFB и выполняет окончательную диспетчеризацию пакетов по физическим или логическим портам на основе полученных метаданных L3PortID.

7.2. Обработка ARP

На рисунке 3 показан процесс обработки пакета ARP для случая функций реализации обработки ARP в CE. Это не единственный вариант обработки ARP, которая может выполняться и в FE, но это выходит за рамки документа.

Имеется два пути запуска обработки ARP в CE, как показано на рисунке 3.

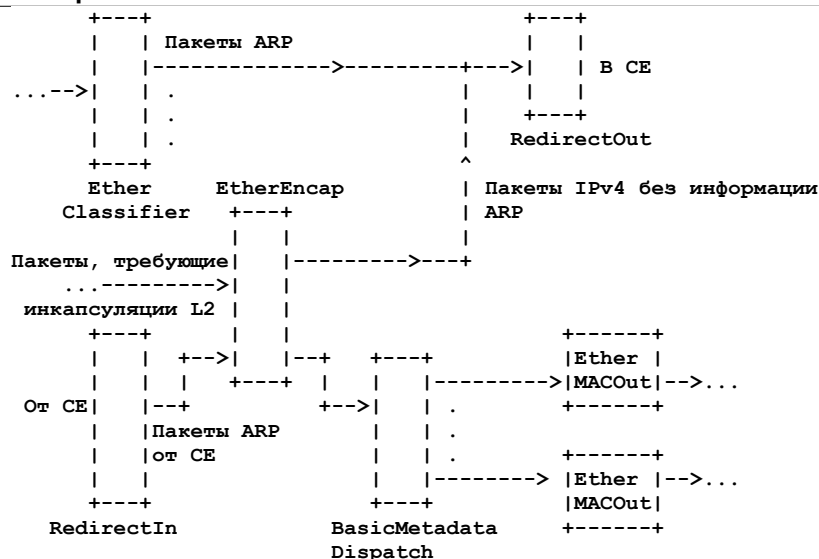


Рисунок 3. Пример использования LFB для ARP.

- пакеты ARP, приходящие извне NE;
- пакеты IPv4, не распознанные в FE.

Пакеты ARP от сетевых интерфейсов фильтруются EtherClassifier LFB. Классифицированные пакеты ARP и связанные с ними метаданные передаются нисходящему RedirectOut LFB (параграф 5.4.2) для пересылки CE.

EtherEncap LFB (параграф 5.1.4) получает пакеты, которым нужна инкапсуляция Ethernet L2. Когда EtherEncap LFB не может найти нужной информации L2 для инкапсуляции пакета, он выводит пакет в свой порт ExceptionOut LFB. Портом нисходящего для EtherEncap LFB блока ExceptionOut LFB является RedirectOut LFB, который передаёт пакет CE (параграф 5.1.4).

Для решения этой задачи CE нужно генерировать запросы и отклики ARP, а также передавать их во внешние сети (за пределы NE). Пакеты запросов и откликов ARP от CE передаются в FE с помощью RedirectIn LFB (параграф 5.4.1).

Как и в примере с пересылкой пакетов IPv4, исходящие пакеты ARP инкапсулируются в формат Ethernet блоком EtherEncap LFB, а затем диспетчеризуются по разным интерфейсам с помощью BasicMetadataDispatch LFB на основе метаданных L3PortID, включённых в каждый пакет ARP, переданный от CE.

8. Взаимодействие с IANA

Агентство IANA организовало реестр имён и идентификаторов ForCES LFB с размещением класса ForCES LFB в соответствии с правилами использования пространства имён.

Этот документ регистрирует уникальные имена и числовые идентификаторы LFB, перечисленные в разделе 8.1. Помимо этого документ определяет перечисленные ниже пространства имён.

- Metadata ID (параграфы 4.3 и 4.4).
- Exception ID (параграф 4.4).
- Validate Error ID (параграф 4.4).

8.1. Имена и идентификаторы классов LFB

Классы LFB, определённые в этом документе, относятся к классам, определенным Standards Track RFC. В соответствии с правилами IANA используется процедура Standards Action для значений 0 - 65535 и First Come First Served для значений больше 65535.

Таблица 1. Имена и идентификаторы классов LFB.

Идентификатор класса LFB	Имя класса LFB	Описание	Документ
3	EtherPHYCop	Определяет абстракцию порта Ethernet на физическом уровне.	параграф 5.1.1
4	EtherMACIn	Определяет входной порт Ethernet на уровне MAC.	параграф 5.1.2
5	EtherClassifier	Задаёт процесс декапсуляции Ethernet и классификации пакетов.	параграф 5.1.3
6	EtherEncap	Определяет процесс инкапсуляции пакетов IP в Ethernet.	параграф 5.1.4
7	EtherMACOut	Определяет выходной порт Ethernet на уровне MAC.	параграф 5.1.5
8	IPv4Validator	Выполняет проверку пригодности пакетов IPv4.	параграф 5.2.1
9	IPv6Validator	Выполняет проверку пригодности пакетов IPv6.	параграф 5.2.2
10	IPv4UcastLPM	Выполняет поиск самого длинного совпадающего префикса IPv4.	параграф 5.3.1
11	IPv6UcastLPM	Выполняет поиск самого длинного совпадающего префикса IPv6.	параграф 5.3.3
12	IPv4NextHop	Определяет процесс выбора действия IPv4 next-hop.	параграф 5.3.2
13	IPv6NextHop	Определяет процесс выбора действия IPv6 next-hop.	параграф 5.3.4
14	RedirectIn	Определяет процесс вставки CE пакетов данных в топологию LFB.	параграф 5.4.1
15	RedirectOut	Определяет процесс для LFB в FE по доставке пакетов CE.	параграф 5.4.2
16	BasicMetadata	Диспетчеризует пакеты по выходным портам на базе метаданных.	параграф 5.5.1
17	GenericScheduler	Определяет процесс предварительного базового планирования.	параграф 5.5.2

8.2. Идентификаторы метаданных

Пространство имён Metadata ID имеет размер 32 бита. Рекомендации по распределению значений даны ниже.

Metadata ID из диапазона 0x00000001-0x7FFFFFFF выделяются по процедуре Specification Required [RFC5226] и **должны** быть документированы в RFC или других постоянно доступных документах.

Значение	Имя	Документ
0x00000000	Reserved	RFC 6956
0x00000001	PHYPortID	RFC 6956, параграф 4.4
0x00000002	SrcMAC	RFC 6956, параграф 4.4
0x00000003	DstMAC	RFC 6956, параграф 4.4
0x00000004	LogicalPortID	RFC 6956, параграф 4.4
0x00000005	EtherType	RFC 6956, параграф 4.4
0x00000006	VlanID	RFC 6956, параграф 4.4
0x00000007	VlanPriority	RFC 6956, параграф 4.4
0x00000008	NextHopIPv4Addr	RFC 6956, параграф 4.4
0x00000009	NextHopIPv6Addr	RFC 6956, параграф 4.4
0x0000000A	HopSelector	RFC 6956, параграф 4.4
0x0000000B	ExceptionID	RFC 6956, параграф 4.4
0x0000000C	ValidateErrorID	RFC 6956, параграф 4.4
0x0000000D	L3PortID	RFC 6956, параграф 4.4
0x0000000E	RedirectIndex	RFC 6956, параграф 4.4
0x0000000F	MediaEncapInfoIndex	RFC 6956, параграф 4.4
0x80000000-0xFFFFFFFF	Резерв для частного использования	RFC 6956

Таблица 2. Идентификаторы метаданных.

8.3. Exception ID

Пространство имён Exception ID имеет размер 32 бита. Рекомендации по распределению значений даны ниже.

Exception ID из диапазона 0x00000001-0x7FFFFFFF выделяются по процедуре Specification Required [RFC5226] и **должны** быть документированы в RFC или других постоянно доступных документах.

Значение	Имя	Документ
0x00000000	AnyUnrecognizedExceptionCase	параграф 4.4
0x00000001	ClassifyNoMatching	параграф 4.4
0x00000002	MediaEncapInfoIndexInvalid	параграф 4.4
0x00000003	EncapTableLookupFailed	параграф 4.4
0x00000004	BadTTL	параграф 4.4
0x00000005	IPv4HeaderLengthMismatch	параграф 4.4
0x00000006	RouterAlertOptions	параграф 4.4
0x00000007	IPv6HopLimitZero	параграф 4.4
0x00000008	IPv6NextHeaderHBN	параграф 4.4
0x00000009	SrcAddressException	параграф 4.4
0x0000000A	DstAddressException	параграф 4.4
0x0000000B	LPMLookupFailed	параграф 4.4
0x0000000C	HopSelectorInvalid	параграф 4.4
0x0000000D	NextHopLookupFailed	параграф 4.4
0x0000000E	FragRequired	параграф 4.4
0x0000000F	MetadataNoMatching	параграф 4.4
0x80000000-0xFFFFFFFF	Резерв для частного использования	RFC 6956

Таблица 3. Идентификаторы исключительных ситуаций.

8.4. Validate Error ID

Пространство имён Validate Error ID имеет размер 32 бита. Рекомендации по распределению значений даны ниже.

Validate Error ID из диапазона 0x00000000-0x7FFFFFFF из диапазона 0x00000001-0x7FFFFFFF выделяются по процедуре Specification Required [RFC5226] и **должны** быть документированы в RFC или других постоянно доступных документах.

Значение	Имя	Документ
0x00000000	AnyUnrecognizedValidateErrorCase	параграф 4.4
0x00000001	InvalidIPv4PacketSize	параграф 4.4
0x00000002	NotIPv4Packet	параграф 4.4
0x00000003	InvalidIPv4HeaderLengthSize	параграф 4.4
0x00000004	InvalidIPv4LengthFieldSize	параграф 4.4
0x00000005	InvalidIPv4Checksum	параграф 4.4
0x00000006	InvalidIPv4SrcAddr	параграф 4.4
0x00000007	InvalidIPv4DstAddr	параграф 4.4
0x00000008	InvalidIPv6PacketSize	параграф 4.4
0x00000009	NotIPv6Packet	параграф 4.4
0x0000000A	InvalidIPv6SrcAddr	параграф 4.4
0x0000000B	InvalidIPv6DstAddr	параграф 4.4
0x80000000-0xFFFFFFFF	Резерв для частного использования	RFC 6956

Таблица 4. Идентификаторы ошибок при проверке пригодности.

9. Вопросы безопасности

Документ, определяющий схему ForCES [RFC3746], содержит рассмотрение вопросов безопасности всей архитектуры ForCES. Например, подлинность элементов протокола ForCES должна проверяться в соответствии с требованиями

ForCES до предоставления им доступа к информационным элементам, описанным в этом документе, по протоколу ForCES. Спецификация ForCES [RFC5810] включает полное описание механизмов защиты, которые реализации должны поддерживать. Основанный на SCTP уровень транспортного отображения (TML) для протокола ForCES [RFC5811] задаёт механизмы защиты для этого транспортного отображения ForCES. Определённые здесь LFB похожи на другие LFB модели FE [RFC5812] и имеют такие же проблемы безопасности. Поэтому вопросы безопасности протокола ForCES, рассмотренные в [RFC5810], применимы и к этому документу.

10. Литература

10.1. Нормативные документы

- [RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, [RFC 2119](#), March 1997.
- [RFC5810] Doria, A., Hadi Salim, J., Haas, R., Khosravi, H., Wang, W., Dong, L., Gopal, R., and J. Halpern, "Forwarding and Control Element Separation (ForCES) Protocol Specification", [RFC 5810](#), March 2010.
- [RFC5811] Hadi Salim, J. and K. Ogawa, "SCTP-Based Transport Mapping Layer (TML) for the Forwarding and Control Element Separation (ForCES) Protocol", RFC 5811, March 2010.
- [RFC5812] Halpern, J. and J. Hadi Salim, "Forwarding and Control Element Separation (ForCES) Forwarding Element Model", [RFC 5812](#), March 2010.

10.2. Дополнительная литература

- [IEEE.802-1Q] IEEE, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks -- Media Access Control (MAC) Bridges and Virtual Bridged Local Area Networks", IEEE Standard 802.1Q, 2011.
- [RFC1122] Braden, R., "Requirements for Internet Hosts - Communication Layers", STD 3, [RFC 1122](#), October 1989.
- [RFC1812] Baker, F., "Requirements for IP Version 4 Routers", [RFC 1812](#), June 1995.
- [RFC2460] Deering, S. and R. Hinden, "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification", [RFC 2460](#), December 1998.
- [RFC2578] McCloghrie, K., Ed., Perkins, D., Ed., and J. Schoenwaelder, Ed., "Structure of Management Information Version 2 (SMIv2)", STD 58, RFC 2578, April 1999.
- [RFC3746] Yang, L., Dantu, R., Anderson, T., and R. Gopal, "Forwarding and Control Element Separation (ForCES) Framework", [RFC 3746](#), April 2004.
- [RFC5226] Narten, T. and H. Alvestrand, "Guidelines for Writing an IANA Considerations Section in RFCs", BCP 26, [RFC 5226](#), May 2008.

Приложение А. Благодарности

Авторы благодарны перечисленным ниже людям, внёсшим свой вклад в подготовку этого документа.

Edward Crabbe
Adrian Farrel
Rong Jin
Bin Zhuge
Ming Gao
Jingjing Zhou
Xiaochun Wu
Derek Atkins
Stephen Farrell
Meral Shirazipour
Jari Arkko
Martin Stiemerling
Stewart Bryant
Richard Barnes

Приложение В. Участники работы

Авторы признательны Jamal Hadi Salim, Ligang Dong и Fenggen Jia за основной вклад в создание документа. Ligang Dong и Fenggen Jia были авторами ранних документов, ставших предшественниками данного документа.

Jamal Hadi Salim

Mojatatu Networks
Ottawa, Ontario
Canada
E-Mail: hadi@mojatatu.com

Ligang Dong

Zhejiang Gongshang University
18 Xuezheng Str., Xiasha University Town
Hangzhou 310018
P.R. China

E-Mail: donglg@zjsu.edu.cn

Fenggen Jia

National Digital Switching Center (NDSC)

Jianxue Road

Zhengzhou 452000

P.R. China

E-Mail: jfg@mail.ndsc.com.cn

Authors' Addresses**Weiming Wang**

Zhejiang Gongshang University

18 Xuezheng Str., Xiasha University Town

Hangzhou 310018

P.R. China

Phone: +86 571 28877751

E-Mail: wmwang@zjsu.edu.cn

Evangelos Haleplidis

University of Patras

Department of Electrical & Computer Engineering

Patras 26500

Greece

E-Mail: ehalep@ece.upatras.gr

Kentaro Ogawa

NTT Corporation

Tokyo

Japan

E-Mail: ogawa.kentaro@lab.ntt.co.jp

Chuanhuang Li

Hangzhou DPtech

6th Floor, Zhongcai Group, 68 Tonghe Road, Binjiang District

Hangzhou 310051

P.R. China

E-Mail: chuanhuang_li@zjsu.edu.cn

Joel Halpern

Ericsson

P.O. Box 6049

Leesburg, VA 20178

USA

Phone: +1 703 371 3043

E-Mail: joel.halpern@ericsson.com

Перевод на русский язык

Николай Малых

nmalykh@protokols.ru