

Internet Engineering Task Force (IETF)
Request for Comments: 8668
Category: Standards Track
ISSN: 2070-1721

L. Ginsberg, Ed.
Cisco Systems, Inc.
A. Bashandy
Unaffiliated
C. Filsfils
Cisco Systems, Inc.
M. Nanduri
Oracle
E. Aries
Arccus Inc.
December 2019

Advertising Layer 2 Bundle Member Link Attributes in IS-IS

Анонсирование атрибутов L2 для групповых каналов в IS-IS

Аннотация

Существуют системы, где интерфейс L3, на котором работает IS-IS, работает как связка (bundle) интерфейсов L2. Существующие анонсы IS-IS поддерживают анонсирование атрибутов канала лишь для интерфейсов L3. Для внешних по отношению к IS-IS элементов, желающих управлять отдельными физическими каналами, входящими в группу (bundle) интерфейсов L2, нужны сведения об атрибутах членов группы.

Этот документ добавляет в IS-IS возможность анонсирования атрибутов канала L2 членов группы.

Статус документа

Документ относится к категории Internet Standards Track.

Документ является результатом работы IETF¹ и представляет согласованный взгляд сообщества IETF. Документ прошёл открытое обсуждение и был одобрен для публикации IESG². Дополнительную информацию о стандартах Internet можно найти в разделе 2 в RFC 7841.

Информацию о текущем статусе документа, ошибках и способах обратной связи можно найти по ссылке <https://www.rfc-editor.org/info/rfc8668>.

Авторские права

Copyright (c) 2019. Авторские права 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.....	1
2. Уровни требований.....	2
3. L2 Bundle Member Attributes TLV.....	2
3.1. Параллельные смежности L3.....	2
3.2. Суб-TLV для общих атрибутов.....	3
4. Анонсирование L2 Bundle Member Adj-SID.....	3
4.1. Суб-TLV L2 Bundle Member Adjacency Segment Identifier.....	3
4.2. Суб-TLV L2 Bundle Member LAN Adjacency SID.....	4
5. Взаимодействие с IANA.....	4
6. Вопросы безопасности.....	5
7. Литература.....	5
7.1. Нормативные документы.....	5
7.2. Дополнительная литература.....	6
Приложение А. Примеры кодирования.....	6
Благодарности.....	8
Участник работы.....	8
Адреса авторов.....	8

1. Введение

Существуют системы, где интерфейс L3, на котором работает IS-IS, работает как связка интерфейсов L2, например, группа агрегирования каналов (Link Aggregation Group или LAG) [IEEE802.1AX]. Это сокращает число отношений смежности, требуемых для поддержки протокола маршрутизации, при наличии между соседями параллельных

¹Internet Engineering Task Force - комиссия по решению инженерных задач Internet.

²Internet Engineering Steering Group - комиссия по инженерным разработкам Internet.

каналов. Внешние по отношению к IS-IS элементы, такие как элементы расчёта пути (Path Computation Element или PCE) [RFC4655], могут захотеть управлять потоками на отдельных каналах базовой группы L2. Для этого нужны сведения об атрибутах отдельных каналов группы. Заданное в этом документе расширение протокола обеспечивает средства для анонсирования таких сведений.

Этот документ определяет TLV для анонсирования сведений об атрибутах каждого канала L2, входящего в интерфейс L3, на котором работает протокол IS-IS.

В [RFC8667] добавлен новый атрибут канала - идентификатор сегмента смежности (adjacency segment identifier или Adj-SID), который можно использовать как инструкцию для пересылки трафика через конкретный канал. Этот документ добавляет TLV для анонсирования Adj-SID каналов группы L2.

Отметим, что заданные в этом документе новые анонсы предназначения для внешних (по отношению к IS-IS) элементов. Указанные ниже элементы не определены и/или выходят за рамки этого документа.

- Анонсируемые атрибуты канала (определяются потребностями внешних элементов).
- Минимальный или принятый по умолчанию набор атрибутов канала.
- Способ настройки этих атрибутов.
- Способы использования анонсов.
- Возможное влияние использования анонсов на поток трафика в сети.
- Способы передачи анонсов внешним элементам.

2. Уровни требований

Ключевые слова **должно** (MUST), **недопустимо** (MUST NOT), **требуется** (REQUIRED), **нужно** (SHALL), **не следует** (SHALL NOT), **следует** (SHOULD), **не нужно** (SHOULD NOT), **рекомендуется** (RECOMMENDED), **не рекомендуется** (NOT RECOMMENDED), **возможно** (MAY), **необязательно** (OPTIONAL) в данном документе интерпретируются в соответствии с BCP 14 [RFC2119] [RFC8174] тогда и только тогда, когда они выделены шрифтом, как показано здесь.

3. L2 Bundle Member Attributes TLV

Добавляется TLV для анонсирования атрибутов L2 Bundle Member. Хотя большая часть информации идентична применяемой в анонсах Extended IS Neighbor и используются те же суб-TLV (22 и 222), применяется новый TLV, чтобы изменения в анонсах атрибутов канала L2 Bundle Member не вызывали ненужных действия процесса решения (Decision Process) [ISO10589].

Анонсирование этих сведений предполагает, что указанный канал входит в группу L2 Bundle, связанную с указанным Parent L3 Neighbor, и канал находится в рабочем состоянии. Поэтому анонсы **должны** отзываться, если канал перестаёт работать (down) или исключается из указанной группы L2 Bundle.

Для нового TLV используется пространство суб-TLV, заданное для TLV 22, 23, 141, 222, 223.

Формат TLV описан ниже.

L2 Bundle Member Attributes

Type

25

Length

Число последующих октетов.

Parent L3 Neighbor Descriptor

L3 Neighbor System ID + pseudonode ID (7 октетов)

Flags

1-октетное поле флагов, описанное ниже.

```

0 1 2 3 4 5 6 7
+-----+-----+
|P|                                     |
+-----+-----+
```

P-Flag

Если этот флаг установлен (1), за полем флагов сразу же размещается один или несколько суб-TLV, описанных в параграфе 3.1. При сброшенном флаге такие суб-TLV не присутствуют.

Остальные биты флагов

Должны сбрасываться (0) при отправке и игнорироваться при получении.

Один или несколько дескрипторов L2 Bundle Attribute Descriptor, описанных ниже.

Length of L2 Bundle Attribute Descriptor (1 октет)

Примечание. Учитываются все поля, описанные ниже.

Number of L2 Bundle Member Descriptors (1 октет)

L2 Bundle Member Link Local Identifiers (4 * Number of L2 Bundle Member Descriptors октетов)

Примечание. L2 Bundle Member Descriptor - это Link Local Identifier, как указано в [RFC4202].

Sub-TLV(s)

Суб-TLV может указывать атрибут, общий для всех перечисленных членов группы или уникальный для каждого члена. Использование этих двух классов суб-TLV описано в последующих параграфах.

Примечание. В данном TLV присутствует лишь один Parent L3 Neighbor Descriptor. В одном TLV может указываться несколько L2 Bundle Attribute Descriptor.

3.1. Параллельные смежности L3

При наличии нескольких отношений смежности L3 с одним соседом нужна дополнительная информация для однозначного указания L3 Neighbor. Для этого применяется 1 (и только 1) из приведённых ниже суб-TLV:

- IPv4 Interface Address (sub-TLV 6 из [RFC5305]);
- IPv6 Interface Address (sub-TLV 12 из [RFC6119]);
- Link Local/Remote Identifiers (sub-TLV 4 из [RFC5307]).

При установленном бите P-Flag в поле флагов Parent L3 Neighbor Descriptor **должен** присутствовать 1 (и только 0) из указанных выше суб-TLV. Выбранный суб-TLV **должен** следовать сразу после флагов, как указано в параграфе 3.

Эти суб-TLV **можно** не указывать, если с соседом нет параллельных отношений смежности.

3.2. Суб-TLV для общих атрибутов

Эти суб-TLV анонсируют одну копию атрибута (например, полосу канала). Атрибут применяется ко всем членам L2 Bundle Members в наборе, указанном предыдущим L2 Bundle Member Attribute Descriptor. В наборе суб-TLV под предшествующим L2 Bundle Member Attribute Descriptor может присутствовать не более одной копии данного суб-TLV в этой категории. При наличии нескольких копий данного суб-TLV все копии **должны** игнорироваться.

Набор L2 Bundle Member Descriptor, которые могут анонсироваться под одним L2 Bundle Member Attribute Descriptor, ограничен числом членов группы (bundle), использующих набор атрибутов, анонсируемых в суб-TLV общих атрибутов.

Все имеющиеся суб-TLV, указанные в реестре IANA для суб-TLV в TLV 22, 23, 141, 222, 223, относятся к суб-TLV общих атрибутов, если в этом документе не указано иное.

4. Анонсирование L2 Bundle Member Adj-SID

В [RFC8667] заданы суб-TLV для анонсирования смежности L3 - Adj-SID. Однако в них поддерживается анонсирование лишь одного Adj-SID. Поскольку ожидается, что во многих внедрениях каждый L2 Bundle Member будет иметь уникальные Adj-SID, желательно определить новый суб-TLV для более эффективного кодирования набора Adj-SID в одном суб-TLV. Добавлены два новых суб-TLV для поддержки анонсирования Adj-SID членов L2 Bundle. Формат этих суб-TLV похож на используемый для смежности L3, но оптимизирован для включения набора Adj-SID (по одному на L2 Bundle Member) в один суб-TLV.

Два новых -TLV, определённых в последующих параграфах, не относятся к суб-TLV общих атрибутов.

4.1. Суб-TLV L2 Bundle Member Adjacency Segment Identifier

Этот суб-TLV служит для анонсирования Adj-SID членов L2 Bundle, связанных с родительскими отношениями смежности L3 (point-to-point). Формат суб-TLV показан ниже.

Type

41 (1 октет)

Length

Переменное значение (1 октет)

Flags

1-октетное поле флагов, описанных ниже.

```

0 1 2 3 4 5 6 7
+-----+-----+
|F|*|V|L|S|P|  |
+-----+-----+
```

F-Flag

Флаг семейства адресов (Address-Family). Сброшенный (0) флаг Adj-SID указывает L2 Bundle Member с исходящей инкапсуляцией IPv4, установленный - с IPv6.

V-Flag

Флаг значения (Value), устанавливаемый, когда Adj-SID содержит значение. По умолчанию флаг **установлен**.

L-Flag

Флаг локальности (Local), устанавливаемый, когда Adj-SID имеет локальную значимость. По умолчанию флаг **установлен**.

S-Flag

Флаг набора (Set), установка которого показывает, что Adj-SID относится к группе членов L2 Bundle (и **может** назначаться также другим членам L2 Bundle).

P-Flag

Флаг постоянства (Persistent), установка которого указывает постоянное выделение Adj-SID, т. е. значение сохраняется при перезапуске маршрутизатора и/или отключении-включении интерфейса.

Остальные биты

Должны сбрасываться (0) при передаче и игнорироваться при получении.

Примечание. Флаги намеренно сделаны совпадающими с флагами L3 ADJ-SID из [RFC8667]. * указывает флаг, используемый в L3 Adj-SID суб-TLV, но **не** применяемый в этом суб-TLV. Его **следует** сбрасывать при передаче, а при получении флаг **должен** игнорироваться.

Weight

1-октетное значение, представляющее вес Adj-SID для распределения нагрузки. Использование веса описано в [RFC8402].

Примечание. Флаги и вес являются общими для всех членов L2 Bundle, указанных в L2 Bundle Attribute Descriptor.

L2 Bundle Member Adj-SID Descriptors

Должен указываться один дескриптор для каждого члена L2 Bundle, анонсируемого под предшествующим L2 Bundle Member Attribute Descriptor. Каждый дескриптор содержит одно из указанных ниже полей.

SID/Index/Label

В соответствии с флагами V и L это поле содержит одно из указанных ниже значений.

- 3-октетная локальная метка, где 20 битов справа служат для представления значения. Флаги V и L в этом случае **должны** быть установлены (1).

- 4-октетный индекс, указывающий смещение в пространстве SID/Label, анонсированном этим маршрутизатором (см. [RFC8667]). Флаги V и L в этом случае **должны** быть сброшены (0).

4.2. Суб-TLV L2 Bundle Member LAN Adjacency SID

Этот суб-TLV служит для анонсирования Adj-SID членов L2 Bundle, связанных с родительской смежностью L3, которая является смежностью в ЛВС. В подсетях ЛВС выбирается назначенная промежуточная система (Designated Intermediate System или DIS) выбирается, которая создаёт Pseudonode-LSP (PN-LSP) с включением всех соседей DIS. При использовании маршрутизации по сегмента (Segment Routing) каждый маршрутизатор в ЛВС **может** анонсировать Adj-SID каждого из своих соседей по ЛВС. Для каждого члена L2 Bundle маршрутизатор **может** анонсировать Adj-SID каждому соседу по ЛВС. Формат суб-TLV показан ниже.

Type

42 (1 октет)

Length

Переменное значение (1 октет)

Neighbor System ID

6 octets

Flags

1-октетное поле флагов, описанных ниже.

```

0 1 2 3 4 5 6 7
+-----+-----+-----+
| F | * | V | L | S | P |   |
+-----+-----+-----+
```

F-Flag

Флаг семейства адресов (Address-Family). Сброшенный (0) флаг Adj-SID указывает L2 Bundle Member с исходящей инкапсуляцией IPv4, установленный - с IPv6.

V-Flag

Флаг значения (Value), устанавливаемый, когда Adj-SID содержит значение. По умолчанию флаг **установлен**.

L-Flag

Флаг локальности (Local), устанавливаемый, когда Adj-SID имеет локальную значимость. По умолчанию флаг **установлен**.

S-Flag

Флаг набора (Set), установка которого показывает, что Adj-SID относится к группе членов L2 Bundle (и **может** назначаться также другим членам L2 Bundle).

P-Flag

Флаг постоянства (Persistent), установка которого указывает постоянное выделение Adj-SID, т. е. значение сохраняется при перезапуске маршрутизатора и/или отключении-включении интерфейса.

Остальные биты

Должны сбрасываться (0) при передаче и игнорироваться при получении.

Примечание. Флаги намеренно сделаны совпадающими с флагами L3 ADJ-SID из [RFC8667]. * указывает флаг, используемый в L3 Adj-SID суб-TLV, но **не** применяемый в этом суб-TLV. Его **следует** сбрасывать при передаче, а при получении флаг **должен** игнорироваться.

Weight

1-октетное значение, представляющее вес Adj-SID для распределения нагрузки. Использование веса описано в [RFC8402].

Примечание. Флаги и вес являются общими для всех членов L2 Bundle, указанных в L2 Bundle Attribute Descriptor.

L2 Bundle Member LAN Adjacency SID Descriptors:

Должен указываться один дескриптор для каждого члена L2 Bundle, анонсируемого под предшествующим L2 Bundle Member Attribute Descriptor. Каждый дескриптор содержит одно из указанных ниже полей.

SID/Index/Label

В соответствии с флагами V и L это поле содержит одно из указанных ниже значений.

- 3-октетная локальная метка, где 20 битов справа служат для представления значения. Флаги V и L в этом случае **должны** быть установлены (1).
- 4-октетный индекс, указывающий смещение в пространстве SID/Label, анонсированном этим маршрутизатором (см. [RFC8667]). Флаги V и L в этом случае **должны** быть сброшены (0).

5. Взаимодействие с IANA

Этот документ добавляет показанный ниже TLV в реестр IS-IS TLV Codepoints.

Value

25

Name

L2 Bundle Member Attributes - атрибуты элемента L2 Bundle

Имя реестра IANA для суб-TLV в TLV 22, 23, 141, 222, 223 было изменено для включения суб-TLV 25. Кроме того, в реестр добавлена колонка, указывающая, какие суб-TLV могут присутствовать в новом L2 Bundle Member Attributes TLV. Колонка для TLV 25 включает одно из указанных ниже значений.

y

Суб-TLV может присутствовать в TLV 25, но **недопустимо** его совместное использование несколькими членами L2 Bundle.

y(s)

Суб-TLV может присутствовать в TLV 25 и **может** совместно использоваться несколькими членами L2 Bundle.

n

Суб-TLV **недопустимо** включать в TLV 25.

В таблице 1 указаны допустимые установки для всех определённых к настоящему моменту суб-TLV применительно к их использованию в новом L2 Bundle Member Attributes TLV.

Таблица 1.

Значение	Описание	TLV 25
3	Administrative group (color)	y(s)
4	Link Local/Remote Identifiers	y(s)
6	IPv4 interface address	y(s)
8	IPv4 neighbor address	y(s)
9	Maximum link bandwidth	y(s)
10	Maximum reservable link bandwidth	y(s)
11	Unreserved bandwidth	y(s)
12	IPv6 Interface Address	y(s)
13	IPv6 Neighbor Address	y(s)
14	Extended Administrative Group	y(s)
18	TE Default metric	y(s)
19	Link-attributes	y(s)
20	Link Protection Type	y(s)
21	Interface Switching Capability Descriptor	y(s)
22	Bandwidth Constraints	y(s)
23	Unconstrained TE LSP Count (sub-)TLV	y(s)
24	remote AS number	n
25	IPv4 remote ASBR Identifier	n
26	IPv6 remote ASBR Identifier	n
27	Interface Adjustment Capability Descriptor (IACD)	y(s)
28	MTU	n
29	SPB-Metric	y(s)
30	SPB-A-OALG	y(s)
33	Unidirectional Link Delay	y
34	Min/Max Unidirectional Link Delay	y
35	Unidirectional Delay Variation	y
36	Unidirectional Link Loss	y
37	Unidirectional Residual Bandwidth	y
38	Unidirectional Available Bandwidth	y
39	Unidirectional Utilized Bandwidth	y
40	RTM Capability	n

Этот документ добавляет указанные в таблице 2 суб-TLV в упомянутый выше реестр.

Таблица 2.

Тип	Описание	22	23	25	141	222	223
41	L2 Bundle Member Adj-SID	n	n	y	n	n	n
42	L2 Bundle Member LAN Adj-SID	n	n	y	n	n	n

6. Вопросы безопасности

Протокол IS-IS уже много лет поддерживает анонсирование сведений об атрибутах каналов, включая их идентификаторы. Анонсы, определённые в этом документе, идентичны анонсам из [RFC4202], [RFC5305], [RFC8570], [RFC8667], но связаны с каналами L2, являющимися частью группового (bundle), на котором работает протокол IS-IS. Поэтому представленные в документе расширения не создают новых проблем безопасности.

Как всегда, при использовании протокола в среде, где возможен несанкционированный доступ к физическим каналам, по которым передаются блоки данных протокола IS-IS (Protocol Data Unit или PDU), возможна организация атак. Рекомендуется использовать проверки подлинности, заданную в [RFC5304] и [RFC5310], для предотвращения таких атак.

7. Литература

7.1. Нормативные документы

- [IEEE802.1AX] IEEE, "IEEE Standard for Local and metropolitan area networks -- Link Aggregation", IEEE 802.1AX, <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7055197>>.
- [ISO10589] International Organization for Standardization, "Information technology -- Telecommunications and information exchange between systems — Intermediate System to Intermediate System intra-domain routing information exchange protocol for use in conjunction with the protocol for providing the connectionless-mode network service (ISO 8473)", ISO/IEC 10589:2002, Second Edition, November 2002.
- [RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, [RFC 2119](https://www.rfc-editor.org/info/rfc2119), DOI 10.17487/RFC2119, March 1997, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc2119>>.
- [RFC4202] Kompella, K., Ed. and Y. Rekhter, Ed., "Routing Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)", [RFC 4202](https://www.rfc-editor.org/info/rfc4202), DOI 10.17487/RFC4202, October 2005, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc4202>>.
- [RFC5304] Li, T. and R. Atkinson, "IS-IS Cryptographic Authentication", RFC 5304, DOI 10.17487/RFC5304, October 2008, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc5304>>.
- [RFC5305] Li, T. and H. Smit, "IS-IS Extensions for Traffic Engineering", RFC 5305, DOI 10.17487/RFC5305, October 2008, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc5305>>.
- [RFC5307] Kompella, K., Ed. and Y. Rekhter, Ed., "IS-IS Extensions in Support of Generalized Multi-Protocol Label Switching (GMPLS)", RFC 5307, DOI 10.17487/RFC5307, October 2008, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc5307>>.

[RFC5310] Bhatia, M., Manral, V., Li, T., Atkinson, R., White, R., and M. Fanto, "IS-IS Generic Cryptographic Authentication", RFC 5310, DOI 10.17487/RFC5310, February 2009, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc5310>>.

[RFC6119] Harrison, J., Berger, J., and M. Bartlett, "IPv6 Traffic Engineering in IS-IS", RFC 6119, DOI 10.17487/RFC6119, February 2011, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc6119>>.

[RFC8174] Leiba, B., "Ambiguity of Uppercase vs Lowercase in RFC 2119 Key Words", BCP 14, [RFC 8174](#), DOI 10.17487/RFC8174, May 2017, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8174>>.

[RFC8570] Ginsberg, L., Ed., Previdi, S., Ed., Giacalone, S., Ward, D., Drake, J., and Q. Wu, "IS-IS Traffic Engineering (TE) Metric Extensions", RFC 8570, DOI 10.17487/RFC8570, March 2019, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8570>>.

[RFC8667] Previdi, S., Ed., Ginsburg, L., Ed., Filsfils, C., Bashandy, A., Gredler, H., and B. Decraene, "IS-IS Extensions for Segment Routing", RFC 8667, DOI 10.17487/RFC8667, December 2019, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8667>>.

7.2. Дополнительная литература

[RFC4655] Farrel, A., Vasseur, JP., and J. Ash, "A Path Computation Element (PCE)-Based Architecture", [RFC 4655](#), DOI 10.17487/RFC4655, August 2006, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc4655>>.

[RFC8402] Filsfils, C., Ed., Previdi, S., Ed., Ginsberg, L., Decraene, B., Litkowski, S., and R. Shakir, "Segment Routing Architecture", [RFC 8402](#), DOI 10.17487/RFC8402, July 2018, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8402>>.

Приложение А. Примеры кодирования

Ниже представлен пример кодирования анонсов L2 Bundle для случая двух параллельных отношений смежности с соседом, имеющим system-id = 1234.1234.1234.00. Две связи каналов L2 имеют показанные ниже наборы атрибутов.

```
L3 Adjacency #1
L3 IPv4 local link address: 192.0.2.1
```

Четыре члена связки каналов имеют показанные в таблице 3 атрибуты.

Таблица 3.

Номер	Link Local ID	Полоса	Adj-SID/Weight
1	0x11111111	1G	0x1111/1
2	0x11112222	1G	0x11112/1
3	0x11113333	10G	0x11113/1
4	0x11114444	10G	0x11114/1

```
L3 Adjacency #2
L3 IPv4 local link address: 192.0.2.2
```

Три члена связки каналов имеют показанные в таблице 4 атрибуты.

Таблица 4.

Номер	Link Local ID	Полоса	Adj-SID/Weight
1	0x22221111	10G	2222/1
2	0x22222222	10G	2222/1
3	0x22223333	10G	22223/1

Для этого случая требуется пара TLV, по одному для каждой смежности L3.

TLV для Adjacency #1

```
0 1
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| Type (25) | Length (64) |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
```

Parent L3 Neighbor Descriptor

```
0 1 2 3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| Neighbor System-ID octets 1-4: 1234.1234 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| System-ID octets 5-6: 1234 | P-node: 00 |1|0|0|0|0|0|0|0|0|
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
```

IPv4 Interface Address Sub-TLV

```
0 1
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| Type (6) | Length (4) |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| IPv4 address: 192.0.2.1 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
```

L2 Bundle Attribute Descriptors

```
0 1 2 3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|Len: 9+6+10 = 25| # Desc: 2 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| Link Local Identifier Bundle Member #1: 0x11111111 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| Link Local Identifier Bundle Member #2: 0x11112222 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
```

Maximum Link Bandwidth Sub-TLV

```

0          1          2          3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+
| Type (9)      | Length (4)      |
+-----+-----+-----+-----+
| Bandwidth Value: 1G/8 |
+-----+-----+-----+-----+

```

L2 Bundle Member Adj-SID Sub-TLV

```

0          1          2          3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+
| Type (41)     | Length (8)     | 0|0|1|1|0|0|0|0| Weight: 1 |
+-----+-----+-----+-----+
| Local Label Bundle Member #1: 0x11111 |
+-----+-----+-----+-----+
| Local Label Bundle Member #2: 0x11112 |
+-----+-----+-----+-----+

```

L2 Bundle Attribute Descriptors

```

0          1          2          3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+
| Len: 9+6+10 = 25 | # Desc: 2      |
+-----+-----+-----+-----+
| Link Local Identifier Bundle Member #3: 0x11113333 |
+-----+-----+-----+-----+
| Link Local Identifier Bundle Member #4: 0x11114444 |
+-----+-----+-----+-----+

```

Maximum Link Bandwidth Sub-TLV

```

0          1          2          3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+
| Type (9)      | Length (4)      |
+-----+-----+-----+-----+
| Bandwidth Value: 10G/8 |
+-----+-----+-----+-----+

```

L2 Bundle Member Adj-SID Sub-TLV

```

0          1          2          3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+
| Type (41)     | Length (8)     | 0|0|1|1|0|0|0|0| Weight: 1 |
+-----+-----+-----+-----+
| Local Label Bundle Member #3: 0x11113 |
+-----+-----+-----+-----+
| Local Label Bundle Member #4: 0x11114 |
+-----+-----+-----+-----+

```

TLV for Adjacency #2:

```

0          1
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5
+-----+-----+-----+-----+
| Type (25)     | Length (46)    |
+-----+-----+-----+-----+

```

Parent L3 Neighbor Descriptor

```

0          1          2          3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+
| Neighbor System-ID octets 1-4: 1234.1234 |
+-----+-----+-----+-----+
| System-ID octets 5-6: 1234 | P-node: 00 | 1|0|0|0|0|0|0|0|
+-----+-----+-----+-----+

```

IPv4 Interface Address Sub-TLV

```

0          1
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5
+-----+-----+-----+-----+
| Type (6)      | Length (4)      |
+-----+-----+-----+-----+
| IPv4 address: 192.0.2.2 |
+-----+-----+-----+-----+

```

L2 Bundle Attribute Descriptors

```

0          1          2          3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+-----+-----+-----+-----+
| Len: 13+6+13=32 | # Desc: 3      |
+-----+-----+-----+-----+
| Link Local Identifier Bundle Member #1: 0x22221111 |
+-----+-----+-----+-----+
| Link Local Identifier Bundle Member #2: 0x22222222 |
+-----+-----+-----+-----+
| Link Local Identifier Bundle Member #3: 0x22223333 |
+-----+-----+-----+-----+

```

Maximum Link Bandwidth Sub-TLV

```

0          1          2          3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|  Type (9)      | Length (4)  |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| Bandwidth Value: 10G/8 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+

```

L2 Bundle Member Adj-SID Sub-TLV

```

0          1          2          3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|  Type (41)     | Length (11) | 0|0|1|1|0|0|0|0| Weight: 1 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| Local Label Bundle Member #1: 0x22221 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| Local Label Bundle Member #2: 0x22222 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
| Local Label Bundle Member #3: 0x22223 |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+

```

Благодарности

Авторы благодарны Jon Mitchell за внимательное рецензирование.

Участник работы

Ниже указан человек, который внёс существенный вклад в этот документ и должен считаться соавтором.

Stefano Previdi
 Huawei Technologies
 Italy
 Email: stefano@previdi.net

Адреса авторов

Les Ginsberg (editor)
 Cisco Systems, Inc.
 Email: ginsberg@cisco.com

Ahmed Bashandy
 Unaffiliated
 United States of America
 Email: abashandy.ietf@gmail.com

Clarence Filsfils
 Cisco Systems, Inc.
 Email: cf@cisco.com

Mohan Nanduri
 Oracle
 Email: mohan.nanduri@oracle.com

Ebben Aries
 Arrcus Inc.
 2077 Gateway Place, Suite #400
 San Jose, CA 95119
 United States of America
 Email: exa@arrcus.com

Перевод на русский язык

Николай Малых
nmalykh@protokols.ru