

Border Gateway Protocol - Link State (BGP-LS) Extensions for Flexible Algorithm Advertisement

Расширения BGP-LS для анонсирования гибкого алгоритма

Аннотация

Гибким алгоритмом (Flexible Algorithm) называется решение, позволяющее некоторым протоколам маршрутизации (например, OSPF и IS-IS) рассчитывать пути через сеть на основе заданных пользователем (поэтому более гибких) ограничений и показателей. Расчёт выполняют маршрутизаторы, участвующие в конкретной сети, распределенно с использованием определения гибкого алгоритма (Flexible Algorithm Definition или FAD). Это определение предоставляется не одним или несколькими маршрутизаторами и распространяется через сеть путём лавинной рассылки OSPF и IS-IS.

Состояние канала для протокола граничного шлюза (Border Gateway Protocol - Link State или BGP-LS) позволяет собрать из сети различные сведения. Этот документ задаёт расширения семейства адресов BGP-LS для анонсирования FAD как части топологических сведений о сети.

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.

Информация о текущем статусе документа, найденных ошибках и способах обратной связи доступна по ссылке <https://www.rfc-editor.org/info/rfc9351>.

Авторские права

Copyright (c) 2023. 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.....	2
1.1. Уровни требований.....	2
2. Обзор расширений BGP-LS для гибкого алгоритма.....	2
3. TLV задания гибкого алгоритма.....	2
3.1. Flexible Algorithm Exclude-Any Affinity Sub-TLV.....	3
3.2. Flexible Algorithm Include-Any Affinity Sub-TLV.....	3
3.3. Flexible Algorithm Include-All Affinity Sub-TLV.....	3
3.4. Flexible Algorithm Definition Flags Sub-TLV.....	4
3.5. Flexible Algorithm Exclude SRLG Sub-TLV.....	4
3.6. Flexible Algorithm Unsupported Sub-TLV.....	4
4. Flexible Algorithm Prefix Metric TLV.....	5
5. Взаимодействие с IANA.....	5
6. Вопросы управляемости.....	5
7. Вопросы безопасности.....	5
8. Литература.....	6
8.1. Нормативные документы.....	6
8.2. Дополнительная литература.....	6
Благодарности.....	6
Адреса авторов.....	6

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

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

1. Введение

Классический протокол IGP (например, OSPF и IS-IS) рассчитывает лучшие пути через сеть на основе метрики IGP, назначенной для каналов сети. Во многих развёрнутых сетях применяется решение на основе RSVP-TE [RFC3209] или политики маршрутизации по сегментам (Segment Routing или SR) [RFC8402] для передачи трафика по пути, рассчитанному с использованием других показателей или ограничений, нежели для кратчайшего пути IGP. В [RFC9350] задано решение с гибким алгоритмом, позволяющее самим IGP рассчитывать пути через сеть на основе ограничений.

Алгоритм называется гибким потому, что он обеспечивает пользователю гибкость задания:

- типа применяемого расчёта (например, кратчайший путь);
- типа применяемой метрики (например, IGP или TE);
- набора применяемых ограничений (например, включение или исключение некоторых каналов по близости).

Работа гибкого алгоритма IGP подробно описана в [RFC9350].

Расширения BGP-LS для SR заданы в [RFC9085] и в [IDR-BGPLS-SRV6-EXT] для SR-MPLS и SRv6¹. Они включают расширения для анонсирования сведений SR, содержащих разные типы идентификаторов сегментов (Segment Identifier или SID).

- SR Algorithm TLV указывает участие узла в расчёте Flexible Algorithm.
- Prefix-SID TLV указывает привязку Prefix-SID к конкретному Flexible Algorithm для пересылки SR-MPLS.
- SRv6 Locator TLV указывает локатор для конкретного Flexible Algorithm при пересылке SRv6.

Этот документ задаёт расширения BGP-LS для анонсирования сведений FAD, чтобы обеспечить возможность изучить сопоставления номера гибкого алгоритма с его определением в каждой области или домене базового протокола IGP. Это определение указывает тип применяемого расчёта и ограничения для данного Flexible Algorithm, которые могут применяться для организации сквозных путей SR Policy через множество доменов с использованием подходящих SID в списке сегментов [RFC9256]. Например, при указании Flexible Algorithm Prefix-SID (для SR-MPLS) или End SID (для SRv6) граничные маршрутизаторы областей (Area Border Router или ABR) или автономных систем (Autonomous System Border Router или ASBR), соответствующие определению, которое оптимизирует показатель задержки, могут построить сквозной путь с малой задержкой через домены IGP с минимальным числом SID в списке SID.

1.1. 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.

2. Обзор расширений BGP-LS для гибкого алгоритма

BGP-LS [RFC7752] задаёт Node NLRI для анонсирования узлов и их атрибутов, Link NLRI для анонсирования каналов и их атрибутов, Prefix NLRI для анонсирования префиксов и их атрибутов с применением атрибута BGP-LS.

Анонсируемые узлом FAD считаются атрибутами уровня узла и анонсируются в соответствии с разделом 3.

Различные атрибуты каналов, такие как близость и группы общего риска (Shared Risk Link Group или SRLG), применяемые в расчётах маршрутов с помощью гибкого алгоритма в IS-IS и OSPF, анонсируются в этих протоколах с использованием анонсов зависящих от приложения атрибутов каналов (Application-Specific Link Attribute или ASLA), как описано в [RFC8919], [RFC8920] и [RFC9350]. Расширения BGP-LS для анонсов ASLA заданы в [RFC9294].

Показатель префикса гибкого алгоритма (Flexible Algorithm Prefix Metric или FAPM) считается атрибутом префикса и анонсируется в соответствии с разделом 4.

3. TLV задания гибкого алгоритма

Этот документ задаёт необязательный TLV атрибута BGP-LS, связанного с Node NLRI, который называется Flexible Algorithm Definition TLV или FAD TLV. Формат TLV показан на рисунке 1

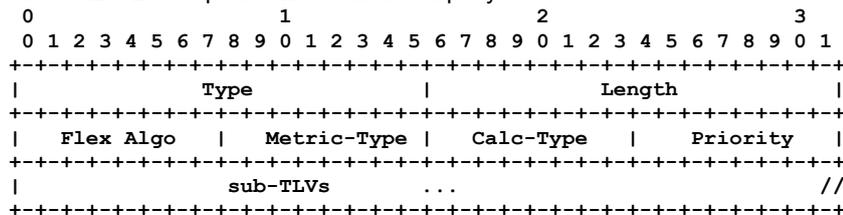


Рисунок 1. Flexible Algorithm Definition TLV.

Type

1039

Length

Общий размер поля значений (включая любые sub-TLV) в октетах. Размер **должен** быть не меньше 4.

Flexible Algorithm (Flex Algo)

1-октетное значение, указывающее номер гибкого алгоритма (128 - 255) в соответствии с [RFC9350].

Metric-Type

1-октетное значение, указывающее тип метрики в соответствии с [RFC9350].

¹Segment Routing over IPv6 - маршрутизация по сегментам через IPv6.

Calc-Type

1-октетное значение, указывающее тип расчёта в соответствии с [RFC9350].

Priority

1-октетное значение, указывающее анонса FAD в соответствии с [RFC9350].

Sub-TLVs

Необязательные sub-TLV, описанные ниже.

FAD TLV анонсируется в атрибуте BGP-LS вместе с Node NLRI и выводится из анонсов IGP:

- для IS-IS из IS-IS Flexible Algorithm Definition sub-TLV в [RFC9350];
- для OSPFv2 и OSPFv3 из OSPF Flexible Algorithm Definition TLV в [RFC9350].

Атрибут BGP-LS, связанный с Node NLRI может включать FAD TLV, соответствующие FAD для каждого алгоритма, анонсируемого этим узлом.

В последующих параграфах заданы sub-TLV для FAD TLV.

3.1. Flexible Algorithm Exclude-Any Affinity Sub-TLV

Необязательный Flexible Algorithm Exclude-Any Affinity sub-TLV служит для переноса ограничений близости, связанных с FAD, и исключения каналов с заданной близостью из расчётов конкретного алгоритма, как описано в [RFC9350]. Близость выражается в терминах расширенной группы администрирования (Extended Admin Group или EAG), заданных в [RFC7308]. Формат sub-TLV показан на рисунке 2.

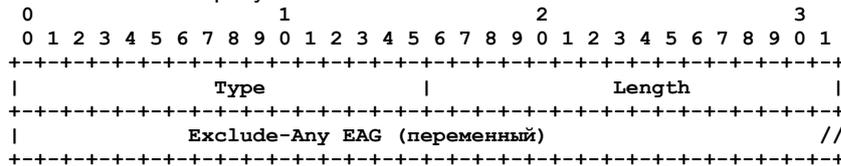


Рисунок 2. Flexible Algorithm Exclude-Any Affinity Sub-TLV.

Type

1040

Length

Общий размер поля значения, зависящий от размера EAG. Значение **должно** быть больше 0 и кратно 4.

Exclude-Any EAG

Значение EAG в соответствии с [RFC9350].

Информация Flexible Algorithm Exclude-Any Affinity sub-TLV выводится из Flexible Algorithm Exclude-Any Admin Group sub-TLV для IS-IS и OSPF в соответствии с [RFC9350].

3.2. Flexible Algorithm Include-Any Affinity Sub-TLV

Необязательный Flexible Algorithm Include-Any Affinity sub-TLV служит для переноса ограничений близости, связанных с FAD, и включения каналов с заданной близостью в расчёт конкретного алгоритма, как описано в [RFC9350]. Близость выражается в терминах расширенной группы администрирования (Extended Admin Group или EAG), заданных в [RFC7308]. Формат sub-TLV показан на рисунке 3.

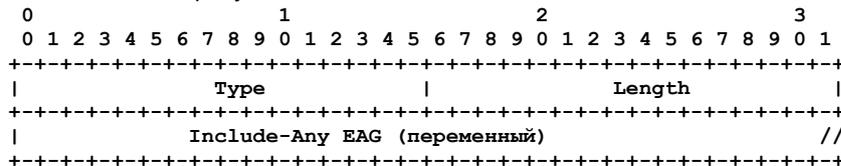


Рисунок 3. Flexible Algorithm Include-Any Affinity Sub-TLV.

Type

1041

Length

Общий размер поля значения, зависящий от размера EAG. Значение **должно** быть больше 0 и кратно 4.

Include-Any EAG

Значение EAG в соответствии с [RFC9350].

Информация Flexible Algorithm Include-Any Affinity sub-TLV выводится из Flexible Algorithm Include-Any Admin Group sub-TLV для IS-IS и OSPF в соответствии с [RFC9350].

3.3. Flexible Algorithm Include-All Affinity Sub-TLV

Необязательный Flexible Algorithm Include-All Affinity sub-TLV служит для переноса ограничений близости, связанных с FAD, и включения всех каналов с заданной близостью в расчёт конкретного алгоритма, как описано в [RFC9350]. Близость выражается в терминах расширенной группы администрирования (Extended Admin Group или EAG), заданных в [RFC7308]. Формат sub-TLV показан на рисунке 4.

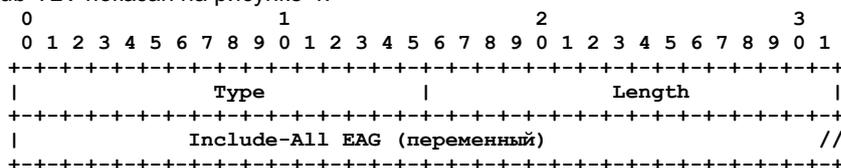


Рисунок 4. Flexible Algorithm Include-All Affinity Sub-TLV.

Type

1042

Length

Общий размер поля значения, зависящий от размера EAG. Значение **должно** быть больше 0 и кратно 4.

Include-All EAG

Значение EAG в соответствии с [RFC9350].

Информация Flexible Algorithm Include-All Affinity sub-TLV выводится из Flexible Algorithm Include-All Admin Group sub-TLV для IS-IS и OSPF в соответствии с [RFC9350].

3.4. Flexible Algorithm Definition Flags Sub-TLV

Необязательный Flexible Algorithm Definition Flags sub-TLV служит для переноса связанных с FAD флагов, используемых в расчёте конкретного алгоритма, как описано в [RFC9350]. Формат sub-TLV показан на рисунке 5.

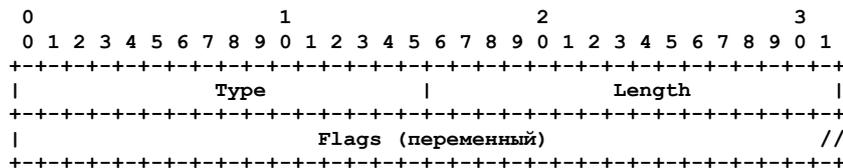


Рисунок 5. Flexible Algorithm Definition Flags Sub-TLV.

Type

1043

Length

Общий размер поля значения, зависящий от размера флагов. Значение должно быть больше 0 и кратно 4.

Flags

Битовая маска, служащая для представления флагов FAD, как описано в [RFC9350].

Информация Flexible Algorithm Definition Flags sub-TLV выводится из Flexible Algorithm Definition Flags sub-TLV для IS-IS и OSPF в соответствии с [RFC9350].

3.5. Flexible Algorithm Exclude SRLG Sub-TLV

Необязательный Flexible Algorithm Exclude SRLG sub-TLV служит для переноса сведений SRLG, связанных с FAD, и исключения каналов, связанных с любой из указанных групп SRLG, из расчётов конкретного алгоритма, как описано в [RFC9350]. SRLG, связанные с каналом, передаются в BGP-LS Shared Risk Link Group (TLV 1096) [RFC7752]. Формат sub-TLV показан на рисунке 6.

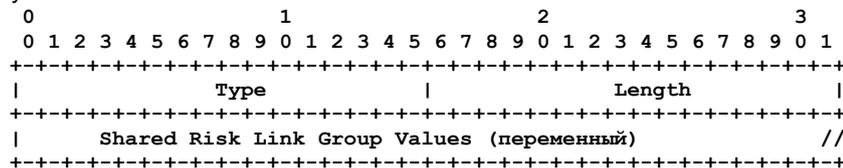


Рисунок 6. Flexible Algorithm Exclude SRLG Sub-TLV.

Type

1045

Length

Общий размер поля значения, зависящий от числа значений SRLG. Значение **должно** быть больше 0 и кратно 4.

Shared Risk Link Group Values

Обно или несколько значений SRLG размером по 4 октета, как описано в [RFC9350].

Информация Flexible Algorithm Exclude SRLG sub-TLV выводится из Flexible Algorithm Exclude SRLG sub-TLV для IS-IS и OSPF в соответствии с [RFC9350].

3.6. Flexible Algorithm Unsupported Sub-TLV

Сигнализация OSPF и IS-IS для FAD допускает расширения через новые sub-TLV в рамках соответствующего IGP Flexible Algorithm Definition TLV. Как указано в параграфе 5.3 [RFC9350], важно, чтобы определение FAD было понятно целиком любому, кто использует его для расчётов. Таким образом, FAD отличается от большинства других расширений протокола, где пропуск или игнорирование непонятных сведений sub-TLV не меняет поведения.

Необязательный Flexible Algorithm Unsupported sub-TLV применяется для индикации наличия неподдерживаемых FAD sub-TLV. Потребность в этом sub-TLV возникает, когда реализация BGP-LS на анонсирующем узле не поддерживает какой-либо из FAD sub-TLV, из имеющихся в анонсе IGP. Формат sub-TLV показан на рисунке 7.

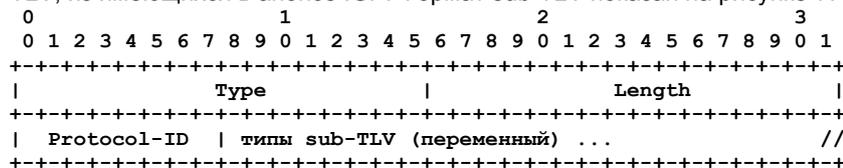


Рисунок 7. Flexible Algorithm Unsupported Sub-TLV.

Type

1046

Length

Общий размер поля значения в октетах (включая любые содержащиеся типы sub-TLV).

Protocol-ID

Указывает BGP-LS Protocol-ID протокола, из которого FAD анонсируется через BGP-LS. Значения берутся из реестра IANA BGP-LS Protocol-IDs" subregistry under the "Border Gateway Protocol - Link State (BGP-LS) Parameters" <<https://www.iana.org/assignments/bgp-ls-parameters/>>.

Этот документ задаёт расширения для анонсирования сведений Flexible Algorithm, относящихся к узлам и префиксам. Подмена таких сведений может влиять на использующие их приложения, включая расчёт и программирование маршрутов. Поскольку заданные здесь анонсы относятся к конкретной топологии Flexible Algorithm, область влияния подмены ограничена этой топологией.

8. Литература

8.1. Нормативные документы

- [RFC2119] Bradner, S., "Key words for use in RFCs to Indicate Requirement Levels", BCP 14, [RFC 2119](#), DOI 10.17487/RFC2119, March 1997, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc2119>>.
- [RFC7308] Osborne, E., "Extended Administrative Groups in MPLS Traffic Engineering (MPLS-TE)", RFC 7308, DOI 10.17487/RFC7308, July 2014, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc7308>>.
- [RFC7752] Gredler, H., Ed., Medved, J., Previdi, S., Farrel, A., and S. Ray, "North-Bound Distribution of Link-State and Traffic Engineering (TE) Information Using BGP", [RFC 7752](#), DOI 10.17487/RFC7752, March 2016, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc7752>>.
- [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>>.
- [RFC9350] Psenak, P., Ed., Hegde, S., Filsfils, C., Talaulikar, K., and A. Gulko, "IGP Flexible Algorithm", [RFC 9350](#), DOI 10.17487/RFC9350, February 2023, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc9350>>.

8.2. Дополнительная литература

- [IDR-BGP-MODEL] Jethanandani, M., Patel, K., Hares, S., and J. Haas, "BGP YANG Model for Service Provider Networks", Work in Progress, Internet-Draft, draft-ietf-idr-bgp-model-15, 13 October 2022, <<https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ietf-idr-bgp-model-15>>.
- [IDR-BGPLS-SRV6-EXT] Dawra, G., Filsfils, C., Talaulikar, K., Ed., Chen, M., Bernier, D., and B. Decraene, "BGP Link State Extensions for SRv6", Work in Progress, Internet-Draft, draft-ietf-idr-bgpls-srv6-ext-13, 14 January 2023, <<https://datatracker.ietf.org/doc/html/draft-ietf-idr-bgpls-srv6-ext-13>>.
- [RFC3209] Awduche, D., Berger, L., Gan, D., Li, T., Srinivasan, V., and G. Swallow, "RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels", RFC 3209, DOI 10.17487/RFC3209, December 2001, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc3209>>.
- [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>>.
- [RFC8919] Ginsberg, L., Psenak, P., Previdi, S., Henderickx, W., and J. Drake, "IS-IS Application-Specific Link Attributes", RFC 8919, DOI 10.17487/RFC8919, October 2020, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8919>>.
- [RFC8920] Psenak, P., Ed., Ginsberg, L., Henderickx, W., Tantsura, J., and J. Drake, "OSPF Application-Specific Link Attributes", RFC 8920, DOI 10.17487/RFC8920, October 2020, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8920>>.
- [RFC9085] Previdi, S., Talaulikar, K., Ed., Filsfils, C., Gredler, H., and M. Chen, "Border Gateway Protocol - Link State (BGP-LS) Extensions for Segment Routing", RFC 9085, DOI 10.17487/RFC9085, August 2021, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc9085>>.
- [RFC9256] Filsfils, C., Talaulikar, K., Ed., Voyer, D., Bogdanov, A., and P. Mattes, "Segment Routing Policy Architecture", RFC 9256, DOI 10.17487/RFC9256, July 2022, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc9256>>.
- [RFC9294] Talaulikar, K., Ed., Psenak, P., and J. Tantsura, "Application-Specific Link Attributes Advertisement ping the Border Gateway Protocol - Link State (BGP-LS)", RFC 9294, DOI 10.17487/RFC9294, August 2022, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc9294>>.

Благодарности

Авторы благодарны Les Ginsberg, Amalesh Maity, Y. F. Siu, Vijay Gurbani, Donald Eastlake 3rd за их рецензии и вклад в работу. Спасибо Jie Dong за рецензию куратора. Спасибо Alvaro Retana за подробную рецензию AD и предложения по улучшению документа.

Адреса авторов

Ketan Talaulikar (editor)
Cisco Systems
India
Email: ketant.ietf@gmail.com

Peter Psenak
Cisco Systems
Slovakia
Email: ppsenak@cisco.com

Shawn Zandi
LinkedIn

United States of America
Email: szandi@linkedin.com

Gaurav Dawra
LinkedIn
United States of America
Email: gdawra.ietf@gmail.com

Перевод на русский язык

Николай Малых
nmalykh@protokols.ru