

Internet Engineering Task Force (IETF)
Request for Comments: 8650
Category: Standards Track
ISSN: 2070-1721

E. Voit
R. Rahman
E. Nilsen-Nygaard
Cisco Systems
A. Clemm
Futurewei
A. Bierman
YumaWorks
November 2019

Dynamic Subscription to YANG Events and Datastores over RESTCONF

Динамическая подписка на события и хранилища YANG по протоколу RESTCONF

Аннотация

Документ задаёт привязку RESTCONF к свойству динамической подписки для уведомлений по подписке и YANG-Push.

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 RFC 7841.

Информацию о текущем статусе документа, ошибках и способах обратной связи можно найти по ссылке <https://www.rfc-editor.org/info/rfc8650>.

Авторские права

Авторские права (Copyright (c) 2019) 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
2. Терминология.....	2
3. Динамические подписки.....	2
3.1. Транспортная связность.....	2
3.2. Обнаружение.....	2
3.3. RESTCONF RPC и коды состояния HTTP.....	2
3.4. Поток вызовов для событий SSE.....	3
4. Трафик QoS.....	4
5. Уведомления.....	5
6. Дерево YANG.....	5
7. Модуль YANG.....	5
8. Взаимодействие с IANA.....	6
9. Вопросы безопасности.....	6
10. Литература.....	6
10.1. Нормативные документы.....	6
10.2. Дополнительная литература.....	7
Приложение А. Примеры.....	7
А.1. Динамические подписки.....	7
А.1.1. Организация динамической подписки.....	7
А.1.2. Изменение динамической подписки.....	9
А.1.3. Удаление динамической подписки.....	9
А.2. Уведомления о статусе подписки.....	10
А.2.1. subscription-modified.....	10
А.2.2. subscription-completed, subscription-resumed, replay-completed.....	10
А.2.3. subscription-terminated и subscription-suspended.....	10
А.3. Пример фильтра.....	10
Благодарности.....	11
Адреса авторов.....	11

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

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

1. Введение

Механизмы для поддержки подписки на события и YANG-Push определены в [RFC8639]. Улучшения [RFC8639], обеспечивающие подписку на хранилища YANG и YANG-Push определены в [RFC8641]. Этот документ задаёт транспортную спецификацию для динамической подписки по протоколу RESTCONF [RFC8040]. Требования к механизмам заимствованы из [RFC7923].

Потоковые уведомления, инкапсулирующие выталкиваемую информацию, организуются с помощью механизма, заданного в параграфе 6.3 [RFC8040].

2. Терминология

Ключевые слова **необходимо** (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.

Из [RFC8639] взяты термины dynamic subscription (динамическая подписка), event stream (поток событий), notification message (уведомление), publisher (издатель), receiver (получатель), subscriber (подписчик), subscription (подписка). Термин datastore (хранилище данных) определён в [RFC8342], а поток HTTP/2 сопоставляется с термином stream, определённым в разделе 2 [RFC7540].

3. Динамические подписки

В этом разделе описана организация и поддержка динамических подписок по протоколу RESTCONF [RFC8040]. Подписка на потоки событий в этом случае организуется через вызовы RPC, определённые в параграфе 2.4 [RFC8639], которые передаются через RESTCONF POST. Подписка на хранилища YANG реализуется через дополнения (augment) к [RFC8639], как описано в параграфе 2.4 [RFC8641].

Как описано в параграфе 6.3 [RFC8040], нужно выполнить операцию GET для указанного URI у издателя. Подписчики не могут заранее определить URI для подписки, поскольку URI будет существовать лишь после восприятия RPC establish-subscription. Поэтому POST для RPC establish-subscription применяется вместо GET для листа location, используемого в [RFC8040] для получения URI. Идентификатор URI для подписки определяется и передаётся как часть отклика на RPC establish-subscription и последующая операция GET для этого URI запускает процесс отправки уведомлений подписчику. Как указано в параграфе 2.4.1 [RFC8639], подписка не активируется до получения GET.

3.1. Транспортная связность

При отсутствии организованной ранее сессии RESTCONF для динамической подписки подписчик инициирует новую сессию RESTCONF. Как указано в параграфе 2.1 [RFC8040], подписчик **должен** организовать сессию HTTP с применением TLS [RFC8446] для защиты передаваемого содержимого.

Без привлечения дополнительных протоколов сессии HTTP не способны быстро обнаруживать потерю связности с издателем. Когда нужно быстро распознавать такую потерю, подписчику **следует** использовать TLS heartbeat [RFC6520] для отслеживания связности сессии HTTP. Потеря heartbeat **должна** приводить к разрыву всех связанных с подпиской сессий TCP между конечными точками. После этого подписчик может попытаться заново организовать подписку с использованием процедуры из параграфа 3.4.

3.2. Обнаружение

Подписчики могут узнать поддерживаемые сервером RESTCONF потоки событий, запросив контейнер streams из модуля ietf-subscribed-notifications.yang [RFC8639]. Поддержка контейнера streams из модуля ietf-restconf-monitoring.yang [RFC8040] не требуется. В случае использования заданной здесь привязки RESTCONF для доставки контейнера streams из модуля ietf-restconf-monitoring.yang (функция поддерживается) предполагается наличие всех содержащихся в нем потоков событий в контейнере streams из модуля ietf-restconf-monitoring.yang.

Подписчики могут узнать поддерживаемые сервером RESTCONF хранилища данных в соответствии с разделом 2 в [RFC8527].

3.3. RESTCONF RPC и коды состояния HTTP

Коды отклика HTTP, заданные в разделе 6 [RFC7231], будут указывать результат запроса RESTCONF RPC к издателю. Отклик HTTP с кодом 200 говорит об успешном выполнении RPC, заданных в [RFC8639] или [RFC8641].

Если у издателя возникает отказ при выполнении запроса RPC по одной или нескольким причинам, указанным в параграфе 2.4.6 [RFC8639] или Приложении А к [RFC8641], это указывается соответствующим кодом ошибки в отклике HTTP, как показано ниже. При возврате кода ошибки HTTP отклик RPC **должен** включать элемент <grpc-errtag> в соответствии с параграфом 7.1 [RFC8040], включающий указанные ниже параметры.

- Узел error-type из application.
- Узел errtag, значением которого является строка, соответствующая связанному с ошибкой идентификатору. Значение errtag соответствует идентификаторам ошибок из параграфа 2.4.6 в [RFC8639] для базовых ошибок (Таблица 1) или Приложения А.1 к [RFC8641] для ошибок, связанных с хранилищем YANG (Таблица 2).
- Узел errtag-app-tag, значением которого является строка, соответствующая связанному с ошибкой идентификатору, как указано в параграфе 2.4.6 [RFC8639] для базовых ошибок или Приложении А.1 к [RFC8641] для ошибок подписки, связанных с хранилищами YANG. Применяемый тег зависит от вызова RPC, связанного с ошибкой (Таблица 3).

Таблица 1. Идентификаторы и теги базовых ошибок.

Идентификатор ошибки	error-tag	Код HTTP
dscp-unavailable	invalid-value	400
encoding-unsupported	invalid-value	400
filter-unsupported	invalid-value	400
insufficient-resources	resource-denied	409
no-such-subscription	invalid-value	404
replay-unsupported	operation-not-supported	501

Таблица 2. Идентификаторы и теги ошибок связанных с хранилищем данных.

Идентификатор ошибки	error-tag	Код HTTP
cant-include	operation-not-supported	501
datastore-not-subscribable	invalid-value	400
no-such-subscription-resync	invalid-value	404
on-change-unsupported	operation-not-supported	501
on-change-sync-unsupported	operation-not-supported	501
period-unsupported	invalid-value	400
update-too-big	too-big	400
sync-too-big	too-big	400
unchanging-selection	operation-failed	500

Таблица 3. Идентификаторы и теги ошибок RPC.

RPC	Базовый идентификатор
establish-subscripti on	establish-subscription-error
modify-subscripti on	modify-subscription-error
delete-subscripti on	delete-subscription-error
kill-subscripti on	delete-subscription-error
resync-subscripti on	resync-subscription-error

Каждый идентификатор ошибки будет помещаться как error-app-tag с использованием кодирования JSON в форме <modulename>:<identityname>, например, ietf-subscribed-notifications:no-such-subscription.

При ошибке для запроса establish-subscription или modify-subscription имеется возможность включить узел error-info, который может содержать рекомендации для параметров, позволяющих предотвратить ошибку при последующем вызове RPC. В таблицах 4 и 5 показаны структуры yang-data, которые могут быть возвращены.

Таблица 4. Необязательные советы error-info для запроса establish-subscription.

Цель	Возвращается в структуре yang-data
Поток событий	establish-subscription-stream-error-info
Хранилище	establish-subscription-datastore-error-info

Таблица 5. Необязательные советы error-info для запроса modify-subscription.

Цель	Возвращается в структуре yang-data
Поток событий	modify-subscription-stream-error-info
Хранилище	modify-subscription-datastore-error-info

В yang-data внутри error-info **не следует** включать необязательный лист reason, поскольку он будет избыточным (все сведения уже присутствуют в error-app-tag).

Для <rpc-error> в результате ошибки при запросе delete-subscription, kill-subscription или resync-subscription не требуется включать error-info, поскольку subscription-id является единственным входным параметром RPC и давать какие-либо советы по входным параметрам RPC не имеет смысла.

Отметим, что error-path [RFC8040] не требуется включать в элемент <rpc-error>, поскольку ошибки обычно связаны с выбором входных параметров RPC.

3.4. Поток вызовов для событий SSE

Поток вызовов для передаваемых сервером событий (Server-Sent Events или SSE) показан на рисунке 1. Логическими соединениями (a) и (b) могут быть соединения TCP или потоки HTTP/2 (при использовании HTTP/2 в одном соединении TCP может существовать несколько потоков HTTP/2). Запросы RPC, заданные в [RFC8639] или [RFC8641], передаются через соединение (a). Успешное выполнение establish-subscription будет приводить к отклику RPC с идентификатором подписки и URI с однозначным указанием местоположения подписки у издателя (b). Идентификатор URI задан листом uri в модели данных раздела 7.

HTTP GET передаётся через отдельное логическое соединение (b) с URI у издателя. Это указывает издателю, что нужно инициировать поток уведомлений, передаваемых в SSE [W3C-20150203], как отклик на GET. Не может быть

передано несколько одновременных запросов GET для URI подписки и каждый запрос GET при обработке GET для того же URI **должен** отвергаться с кодом HTTP 409.

Как описано в параграфе 6.4 [RFC8040], серверам RESTCONF **не следует** передавать поля event и id в уведомлениях SSE.

Ниже указаны дополнительные требования к динамическим подпискам через SSE.

- Издатель **должен** возвращать все уведомления о состоянии подписки в отдельном сообщении SSE, используемом подпиской, к которой относятся изменения статуса.
- Для RPC подписки **недопустимо** использовать соединение, через которое в настоящее время передаются уведомления для этой подписки.
- В дополнение к отклику на RPC modify-subscription через соединение (a), **должно** передаваться уведомление о смене состояния subscription-modified через соединение (b). Это позволит получателю точно знать, когда в потоке событий были применены новые условия подписки (стрелка (c)).
- В дополнение к требуемым правам доступа (например, NACM¹), RPC modify-subscription, resync-subscription и delete-subscription **следует** разрешать лишь тому пользователю RESTCONF [RFC8040], который вызвал establish-subscription. Такое ограничение обычно служит для сохранения приватности пользователей, но могут применяться исключения для администраторов, которым может потребоваться изменить или удалить подписки других пользователей.
- RPC kill-subscription можно вызывать любому пользователю RESTCONF, имеющему права администратора.

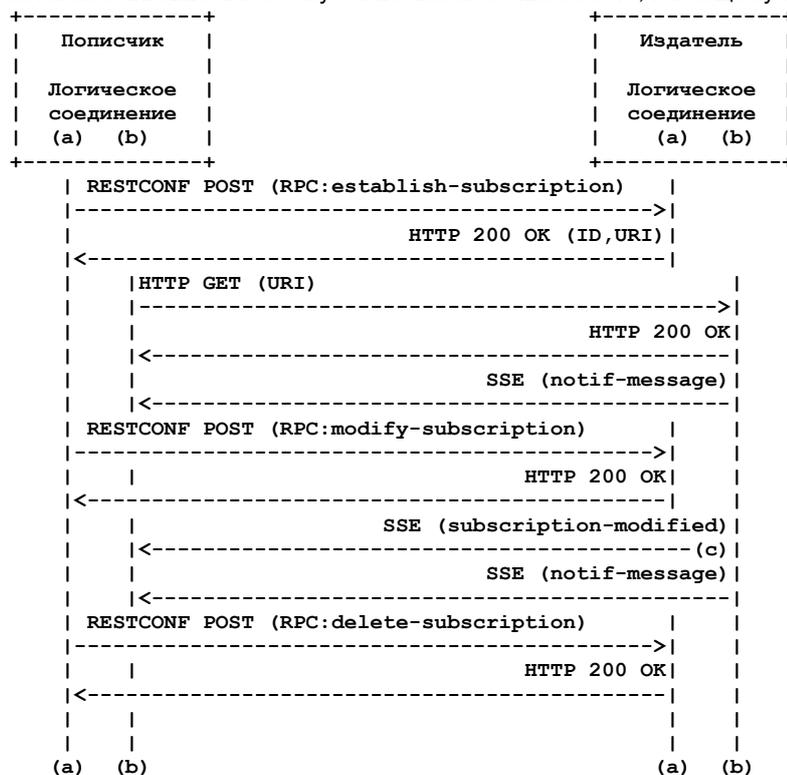


Рисунок 1. Динамическая подписка с событиями SSE.

Издатель **должен** прерывать подписку в случае:

- получения для неё RPC delete-subscription или kill-subscription;
- потери TLS heartbeat.

Издатель **может** прервать подписку в любой момент, как указано в параграфе 1.3 [RFC8639].

4. Трактовка QoS

Обработка QoS для потока событий описана в параграфе 2.3 [RFC8639]. При использовании HTTP/2 издатель дополнительно **должен** соблюдать указанное ниже.

- Принимать лист weighting [RFC8639] и копировать его в вес потока HTTP/2 (параграф 5.3 в [RFC7540]).
- Принимать имеющиеся для подписки зависимости из листа dependency [RFC8639] и использовать поток HTTP/2 родительской подписки как зависимость потока HTTP/2 (параграф 5.3.1 в [RFC7540]) для зависимой подписки.
- Сбросить (0) флаг исключительности (exclusive, параграф 5.3.1 в [RFC7540]).

Для динамических подписок с одним кодом дифференцированного обслуживания (Differentiated Services Code Point или DSCP) у конкретного издателя, подписчику рекомендуется передавать все запросы GET для URI в одной сессии HTTP/2 (если применяется HTTP/2). Для разных кодов DSCP подписчик не может использовать одну сессию HTTP/2.

¹Network Configuration Access Control Model - модель управления доступом к настройке сети.

5. Уведомления

Уведомления, доставляемые по протоколу RESTCONF, кодируются в соответствии с параграфом 6.4 [RFC8040].

6. Дерево YANG

Модуль YANG, заданный в разделе 7, имеет лист, дополняющий три узла из [RFC8639].

```
module: ietf-restconf-subscribed-notifications
  augment /sn:establish-subscription/sn:output:
    +--ro uri?   inet:uri
  augment /sn:subscriptions/sn:subscription:
    +--ro uri?   inet:uri
  augment /sn:subscription-modified:
    +--ro uri?   inet:uri
```

7. Модуль YANG

Этот модуль ссылается на [RFC8639].

```
<CODE BEGINS>
  file "ietf-restconf-subscribed-notifications@2019-11-17.yang"
  module ietf-restconf-subscribed-notifications {
    yang-version 1.1;
    namespace "urn:ietf:params:xml:ns:yang:"
      + "ietf-restconf-subscribed-notifications";
    prefix rsn;

    import ietf-subscribed-notifications {
      prefix sn;
    }
    import ietf-inet-types {
      prefix inet;
    }

    organization
      "IETF NETCONF (Network Configuration) Working Group";
    contact
      "WG Web: <https://datatracker.ietf.org/wg/netconf/>
      WG List: <mailto:netconf@ietf.org>

      Editor: Eric Voit
              <mailto:evoit@cisco.com>

      Editor: Alexander Clemm
              <mailto:ludwig@clemm.org>

      Editor: Reshad Rahman
              <mailto:rrahman@cisco.com>";
    description
      "Задаёт RESTCONF как транспорт для уведомлений по подписке.

      Авторские права (Copyright (c) 2019) принадлежат IETF Trust и
      лицам, указанным как авторы. Все права защищены.

      Распространение и применение модуля в исходной или двоичной
      форме с изменениями или без таковых разрешено в соответствии с
      лицензией Simplified BSD License, изложенной в параграфе 4.c
      IETF Trust's Legal Provisions Relating to IETF Documents
      (https://trustee.ietf.org/license-info).

      Эта версия модуля YANG является частью RFC 8650, где правовые
      аспекты приведены более полно.";

    revision 2019-11-17 {
      description
        "Исходный выпуск";
      reference
        "RFC 8650: Dynamic Subscription to YANG Events and Datastores
        over RESTCONF";
    }

    grouping uri {
      description
        "Описание URI, используемое неоднократно.";
      leaf uri {
        type inet:uri;
        config false;
        description
          "Расположение связанного с подпиской URI у издателя.";
      }
    }

    augment "/sn:establish-subscription/sn:output" {
      description
        "Позволяет использовать связанные с RESTCONF параметры
        для откликов на запросы подписки.";
    }
  }

```

```

    uses uri;
  }

  augment "/sn:subscriptions/sn:subscription" {
    description
      "Позволяет раскрывать связанные с RESTCONF параметры
      для подписки.";
    uses uri;
  }

  augment "/sn:subscription-modified" {
    description
      "Позволяет включать связанные с RESTCONF параметры в
      уведомления об изменении подписки.";
    uses uri;
  }
}
<CODE ENDS>

```

8. Взаимодействие с IANA

Этот документ регистрирует URI в субреестре ns реестра IETF XML Registry [RFC3688].

URI: `urn:ietf:params:xml:ns:yang:ietf-restconf-subscribed-notifications`
 Registrant Contact: The IESG.

XML: N/A; запрошенный URI является пространством имён XML.

Этот документ регистрирует модуль YANG в реестре YANG Module Names [RFC6020]:

Name: `ietf-restconf-subscribed-notifications`
 Namespace: `urn:ietf:params:xml:ns:yang:ietf-restconf-subscribed-notifications`
 Prefix: `rsn`
 Reference: RFC 8650

9. Вопросы безопасности

Описанный в этом документе модуль YANG определяет схему данных, которая предназначена для доступа по протоколам сетевого управления, таким как NETCONF [RFC6241] или RESTCONF [RFC8040]. Нижним уровнем NETCONF является защищённый транспорт с обязательной поддержкой SSH¹ [RFC6242]. Нижним уровнем RESTCONF является HTTPS с обязательной поддержкой TLS [RFC5246].

Модель управления доступом NETCONF (Network Configuration Access Control Model или NACM) [RFC8341] обеспечивает способы ограничения доступа отдельным пользователям NETCONF или RESTCONF заданным подмножеством всех доступных операций и содержимого NETCONF или RESTCONF.

Один из добавленных модулей YANG узлов данных может быть чувствительным или уязвимым в некоторых сетевых средах. Важно контролировать доступ к считыванию этого узла (например, через `get`, `get-config`, `notification`) в контейнере `/subscriptions`.

uri

Указывает место размещения включённых в подписку ресурсов у издателя. Права доступа должны быть установлены так, чтобы к ресурсу мог обращаться только тот пользователь RESTCONF [RFC8040], который вызвал `establish-subscription`.

URI подписки зависит от реализации и шифруется с помощью TLS. Даже если атакующему удастся угадать URI, потребуется ещё имя пользователя RESTCONF [RFC8040] с соответствующей аутентификацией для получения доступа к подписке или её изменения. Рекомендуется применять труднопредсказуемые значения URI.

Вопросы прав доступа для `RPC modify-subscription`, `resync-subscription`, `delete-subscription`, `kill-subscription` рассмотрены в параграфе 3.4.

Если неисправный или скомпрометированный подписчик RESTCONF может передавать большое число запросов `establish-subscription`, эти подписки накапливаются и могут отнять много ресурсов системы. В такой ситуации издатель **может** приостановить или прервать часть активных подписок этого подписчика RESTCONF для возврата ресурсов и обеспечения нормальной работы других подписчиков.

10. Литература

10.1. Нормативные документы

- [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>>.
- [RFC3688] Mealling, M., "The IETF XML Registry", BCP 81, [RFC 3688](https://www.rfc-editor.org/info/rfc3688), DOI 10.17487/RFC3688, January 2004, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc3688>>.
- [RFC6020] Bjorklund, M., Ed., "YANG - A Data Modeling Language for the Network Configuration Protocol (NETCONF)", [RFC 6020](https://www.rfc-editor.org/info/rfc6020), DOI 10.17487/RFC6020, October 2010, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc6020>>.
- [RFC6241] Enns, R., Ed., Bjorklund, M., Ed., Schoenwaelder, J., Ed., and A. Bierman, Ed., "Network Configuration Protocol (NETCONF)", [RFC 6241](https://www.rfc-editor.org/info/rfc6241), DOI 10.17487/RFC6241, June 2011, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc6241>>.
- [RFC6242] Wasserman, M., "Using the NETCONF Protocol over Secure Shell (SSH)", [RFC 6242](https://www.rfc-editor.org/info/rfc6242), DOI 10.17487/RFC6242, June 2011, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc6242>>.

¹Secure Shell - защищённая оболочка.

- [RFC6520] Seggelmann, R., Tuexen, M., and M. Williams, "Transport Layer Security (TLS) and Datagram Transport Layer Security (DTLS) Heartbeat Extension", RFC 6520, DOI 10.17487/RFC6520, February 2012, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc6520>>.
- [RFC7540] Belshe, M., Peon, R., and M. Thomson, Ed., "Hypertext Transfer Protocol Version 2 (HTTP/2)", RFC 7540, DOI 10.17487/RFC7540, May 2015, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc7540>>.
- [RFC8040] Bierman, A., Bjorklund, M., and K. Watsen, "RESTCONF Protocol", RFC 8040, DOI 10.17487/RFC8040, January 2017, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8040>>.
- [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>>.
- [RFC8341] Bierman, A. and M. Bjorklund, "Network Configuration Access Control Model", STD 91, RFC 8341, DOI 10.17487/RFC8341, March 2018, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8341>>.
- [RFC8342] Bjorklund, M., Schoenwaelder, J., Shafer, P., Watsen, K., and R. Wilton, "Network Management Datastore Architecture (NMDA)", RFC 8342, DOI 10.17487/RFC8342, March 2018, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8342>>.
- [RFC8446] Rescorla, E., "The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3", RFC 8446, DOI 10.17487/RFC8446, August 2018, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8446>>.
- [RFC8639] Voit, E., Clemm, A., Gonzalez Prieto, A., Nilsen-Nygaard, E., and A. Tripathy, "Subscription to YANG Notifications", RFC 8639, DOI 10.17487/RFC8639, September 2019, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8639>>.
- [RFC8641] Clemm, A. and E. Voit, "Subscription to YANG Notifications for Datastore Updates", RFC 8641, DOI 10.17487/RFC8641, September 2019, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8641>>.
- [W3C-20150203] Hickson, I., "Server-Sent Events", W3C Recommendation, 3 February 2015, <<https://www.w3.org/TR/2015/REC-eventsource-20150203/>>. Latest version available at <<https://www.w3.org/TR/eventsource/>>.

10.2. Дополнительная литература

- [RFC7231] Fielding, R., Ed. and J. Reschke, Ed., "Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Semantics and Content", RFC 7231, DOI 10.17487/RFC7231, June 2014, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc7231>>.
- [RFC7923] Voit, E., Clemm, A., and A. Gonzalez Prieto, "Requirements for Subscription to YANG Datastores", RFC 7923, DOI 10.17487/RFC7923, June 2016, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc7923>>.
- [RFC7951] Lhotka, L., "JSON Encoding of Data Modeled with YANG", RFC 7951, DOI 10.17487/RFC7951, August 2016, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc7951>>.
- [RFC8347] Liu, X., Ed., Kyparlis, A., Parikh, R., Lindem, A., and M. Zhang, "A YANG Data Model for the Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)", RFC 8347, DOI 10.17487/RFC8347, March 2018, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8347>>.
- [RFC8527] Bjorklund, M., Schoenwaelder, J., Shafer, P., Watsen, K., and R. Wilton, "RESTCONF Extensions to Support the Network Management Datastore Architecture", RFC 8527, DOI 10.17487/RFC8527, March 2019, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8527>>.
- [RFC8640] Voit, E., Clemm, A., Gonzalez Prieto, A., Nilsen-Nygaard, E., and A. Tripathy, "Dynamic Subscription to YANG Events and Datastores over NETCONF", RFC 8640, DOI 10.17487/RFC8640, September 2019, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8640>>.
- [XPATH] Clark, J. and S. DeRose, "XML Path Language (XPath) Version 1.0", W3C Recommendation, 16 November 1999, <<http://www.w3.org/TR/1999/REC-xpath-19991116>>. Latest version available at <<https://www.w3.org/TR/xpath/>>.

Приложение А. Примеры

Это приложение не является нормативным. Для простоты сравнения здесь приведены функциональные примеры, использованные для NETCONF с XML в [RFC8640]. Заголовки HTTP/2 и HTTP/1.1 не приводятся, поскольку содержимое объектов в кодировке JSON идентично им.

Значения URI подписки в примерах являются лишь иллюстративными и не указывают предполагаемого использования, описанного в разделе 9. Значения DSCP приведены лишь для иллюстрации и используют десятичный формат из-за кодировки JSON [RFC7951].

А.1. Динамические подписки

А.1.1. Организация динамической подписки

На рисунке 2 приведены два успешных запроса RPC establish-subscription в соответствии с [RFC8639]. Первый запрос имеет идентификатор 22, второй - 23.

Ниже представлены примеры передаваемой информации для взаимодействий на рисунке 2.

А.1.2. Изменение динамической подписки

Имеющуюся подписку можно изменить. На рисунке 7 показано согласование такого изменения путём обмена между подписчиком и издателем. Согласование включает запрос и отклик для неудачной попытки, затем - удачную подписку.

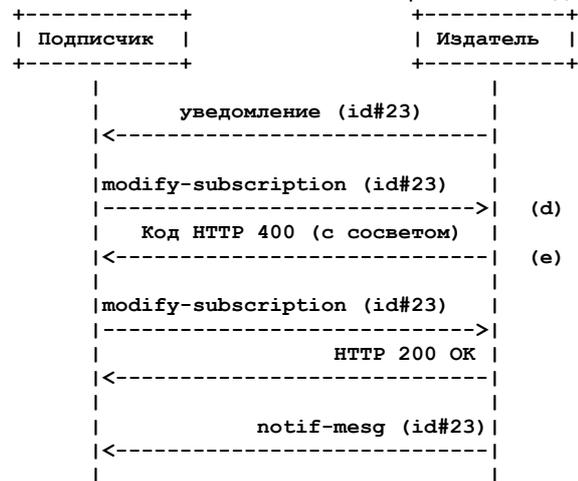


Рисунок 7. Модель взаимодействия при успешном изменении подписки.

Если подписка, изменяемая на рисунке 7 относится к хранилищу данных, как в [RFC8641], запрос на изменение (d) может иметь вид, показанный на рисунке 8. Предложенные изменения включают применение нового фильтра XPath (XML Path Language) и установку нового интервала периодической отправки.

```
POST /restconf/operations
  /ietf-subscribed-notifications:modify-subscription

{
  "ietf-subscribed-notifications:input": {
    "id": 23,
    "ietf-yang-push:datastore-xpath-filter":
      "/example-module:foo/example-module:bar",
    "ietf-yang-push:periodic": {
      "ietf-yang-push:period": 500
    }
  }
}
```

Рисунок 8. Запрос изменения подписки (c).

Если издатель может выполнить оба запроса, он будет возвращать положительный отклик для RPC. Если какое-либо изменение неприменимо, издатель передаёт отклик об ошибке RPC (e). Ниже представлен пример отклика об ошибке RPC (e), включающего совет, указывающий другой интервал, который может привести к успеху подписки.

```
HTTP status code - 400

{ "ietf-restconf:errors" : {
  "error" : [
    "error-type": "application",
    "error-tag": "invalid-value",
    "error-severity": "error",
    "error-app-tag": "ietf-yang-push:period-unsupported",
    "error-info": {
      "ietf-yang-push":
        "modify-subscription-datastore-error-info": {
          "period-hint": 3000
        }
    }
  ]
}
```

Рисунок 9. Отказ modify-subscription с советом (e).

А.1.3. Удаление динамической подписки

Ниже показано удаление подписки (поток событий или хранилище).

```
POST /restconf/operations
  /ietf-subscribed-notifications:delete-subscription

{
  "ietf-subscribed-notifications:input": {
    "id": "22"
  }
}
```

Рисунок 10. Запрос delete-subscription.

Если издатель может выполнить запрос, он возвращает положительный отклик на запрос RPC.

¹В оригинале этот фрагмент был указан с ошибкой. См. <https://www.rfc-editor.org/errata/eid6985>. Прим. перев.

Если издатель не может выполнить запрос, он передаёт элемент <grc-errord>, указывающий, что удаление не прошло. На рисунке 11 показан отклик для действительного идентификатора подписки, но созданного в другой транспортной сессии.

```
HTTP status code - 404
{
  "ietf-restconf:errors" : {
    "error" : [
      "error-type": "application",
      "error-tag": "invalid-value",
      "error-severity": "error",
      "error-app-tag":
        "ietf-subscribed-notifications:no-such-subscription"
    ]
  }
}
```

Рисунок 11. Неудача delete-subscription.

A.2. Уведомления о статусе подписки

Издатель будет передавать уведомления о состоянии подписки в соответствии с определениями [RFC8639].

A.2.1. subscription-modified

Уведомление subscription-modified в кодировке JSON будет иметь вид

```
{
  "ietf-restconf:notification" : {
    "eventTime": "2007-09-01T10:00:00Z",
    "ietf-subscribed-notifications:subscription-modified": {
      "id": 39,
      "uri": "https://example.com/restconf/subscriptions/39"
      "stream-xpath-filter": "/example-module:foo",
      "stream": {
        "ietf-netconf-subscribed-notifications" : "NETCONF"
      }
    }
  }
}
```

Рисунок 12. Уведомление о состоянии подписки subscription-modified.

A.2.2. subscription-completed, subscription-resumed, replay-completed

Уведомление subscription-completed будет иметь вид

```
{
  "ietf-restconf:notification" : {
    "eventTime": "2007-09-01T10:00:00Z",
    "ietf-subscribed-notifications:subscription-completed": {
      "id": 39,
    }
  }
}
```

Рисунок 13. Уведомление subscription-completed в кодировке JSON.

Уведомления subscription-resumed и replay-complete практически идентичны, просто subscription-completed заменяется на subscription-resumed и replay-complete.

A.2.3. subscription-terminated u subscription-suspended

Уведомление subscription-terminated будет иметь вид

```
{
  "ietf-restconf:notification" : {
    "eventTime": "2007-09-01T10:00:00Z",
    "ietf-subscribed-notifications:subscription-terminated": {
      "id": 39,
      "error-id": "suspension-timeout"
    }
  }
}
```

Рисунок 14. Уведомление о смене состояния subscription-terminated.

Уведомление subscription-suspended практически идентично subscription-terminated с соответствующей заменой.

A.3. Пример фильтра

В этом параграфе приведён пример, иллюстрирующий метод фильтрации содержимого записей о событиях. Пример основан на уведомлении YANG vrrp-protocol-error-event, заданном в модуле ietf-vrrp.yang [RFC8347]. Записи о событиях, создаваемые издателем на основе этой спецификации могут иметь вид

```
data: {
  data: "ietf-restconf:notification" : {
```

¹В оригинале этот фрагмент был указан с ошибкой. См. <https://www.rfc-editor.org/errata/eid6369>. Прим. перев.

```

data:      "eventTime" : "2018-09-14T08:22:33.44Z",
data:      "ietf-vrrp:vrrp-protocol-error-event" : {
data:      "protocol-error-reason" : "checksum-error"
data:      }
data:      }
data:      }
data:      }

```

Рисунок 15. RFC 8347 (VRRP) - пример уведомления.

Предположим, что подписчик хочет получать лишь записи о событиях, содержащие checksum-error в записи о событии протокола резервирования виртуального маршрутизатора (Virtual Router Redundancy Protocol или VRRP). Пусть издатель помещает такие записи о событиях в поток NETCONF. Для получения последовательности соответствующих записей подписчик может запросить применение фильтра XPath к потоку NETCONF. RPC establish-subscription для этого может иметь вид

```

POST /restconf/operations
    /ietf-subscribed-notifications:establish-subscription
{
  "ietf-subscribed-notifications:input": {
    "stream": "NETCONF",
    "stream-xpath-filter":
      "/ietf-vrrp:vrrp-protocol-error-event[
        protocol-error-reason='checksum-error']/",
  }
}

```

Рисунок 16. Указание ошибки при подписке через XPath.

Дополнительные примеры фильтров XPath приведены в [XPATH].

Предположим, что запрос establish-subscription (Рисунок 16) воспринят, а затем подписчик решил расширить подписку для охвата всех событий протокола VRRP (т. е., не только с checksum error). Подписчик может попытаться изменить подписку путём замены фильтра XPath фильтром ветвей, который будет передавать подписчику все события протокола VRRP. Такой вызов RPC modify-subscription может иметь вид

```

POST /restconf/operations
    /ietf-subscribed-notifications:modify-subscription
{
  "ietf-subscribed-notifications:input": {
    "stream": "NETCONF",
    "stream-subtree-filter": {
      "/ietf-vrrp:vrrp-protocol-error-event" : {}
    }
  }
}

```

Рисунок 17. Пример RPC modify-subscription.

Дополнительные фильтры ветвей можно найти в параграфе 6.4 [RFC6241].

Благодарности

Спасибо Ambika Prasad Tripathy, Alberto Gonzalez Prieto, Susan Hares, Tim Jenkins, Balazs Lengyel, Kent Watsen, Michael Scharf, Guangying Zheng, Martin Bjorklund, Qin Wu, Robert Wilton за полезный вклад, комментарии и предложения.

Адреса авторов

Eric Voit
Cisco Systems
Email: evoit@cisco.com

Einar Nilsen-Nygaard
Cisco Systems
Email: einarnn@cisco.com

Reshad Rahman
Cisco Systems
Email: rahman@cisco.com

Alexander Clemm
Futurewei
Email: ludwig@clemm.org

Andy Bierman
YumaWorks
Email: andy@yumaworks.com

Перевод на русский язык

Николай Малых
nmalykh@protokols.ru