

Internet Engineering Task Force (IETF)  
Request for Comments: 9144  
Category: Standards Track  
ISSN: 2070-1721

A. Clemm  
Y. Qu  
Futurewei  
J. Tantsura  
Microsoft  
A. Bierman  
YumaWorks  
December 2021

## Comparison of Network Management Datastore Architecture (NMDA) Datastores

Сравнение хранилищ данных управления сетью (NMDA)

### Аннотация

Этот документ определяет операцию удалённого вызова процедуры (Remote Procedure Call или RPC) для сравнения архитектуры NMDA<sup>1</sup>.

### Статус документа

Документ относится к категории Internet Standards Track.

Документ является результатом работы IETF<sup>2</sup> и представляет согласованный взгляд сообщества IETF. Документ прошёл открытое обсуждение и был одобрен для публикации IESG<sup>3</sup>. 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/rfc9144>.

### Авторские права

Авторские права (Copyright (c) 2021) 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. Обзор модели данных.....	2
4. Модель данных YANG.....	3
5. Пример.....	5
6. Вопросы производительности.....	7
7. Взаимодействие с IANA.....	7
7.1. Обновление реестра IETF XML.....	7
7.2. Обновление реестра YANG Module Names.....	7
8. Вопросы безопасности.....	7
9. Литература.....	8
9.1. Нормативные документы.....	8
9.2. Дополнительная литература.....	8
Приложение А. Возможные в будущем расширения.....	8
Благодарности.....	8
Адреса авторов.....	8

## 1. Введение

При пересмотре архитектуры NMDA [RFC8342] добавлены новые хранилища данных, поддерживающие формат YANG [RFC7950] и предоставляющие различные «точки зрения» (viewpoint) для поддерживаемых сервером данных. Новые хранилища YANG включают раздел <intended>, содержащий проверенные данные конфигурации, которое клиентское приложение планирует ввести в действие, и раздел <operational>, содержащий данные рабочего состояния (такие как статистика), а также реально применяемые данные конфигурации.

В NMDA введена концепция «жизненного цикла» (lifecycle) данных управления, отличающая данные конфигурации, предоставленные пользователем, данные, которые были фактически применены как часть рабочего состояния, и общие данные рабочего состояния, включающие параметры конфигурации, а также состояние и статистику.

В результате данные одной модели управления могут быть отражены в нескольких хранилищах. Клиенту нужно указать целевое хранилище для точного задания точки зрения, с которой он хочет получить доступ к данным. Например,

<sup>1</sup>Network Management Datastore Architecture - архитектура хранилища данных управления сетью.

<sup>2</sup>Internet Engineering Task Force - комиссия по решению инженерных задач Internet.

<sup>3</sup>Internet Engineering Steering Group - комиссия по инженерным разработкам Internet.

клиентское приложение может различать, интересуется ли его конфигурация, представленная серверу, которая предполагается для использования, или конфигурация, которая фактически была применена и действует на сервере.

Данные могут передаваться между хранилищами и возможно различие данных в разных хранилищах. Отчасти это ожидаемо, поскольку может возникнуть временной интервал между передачей конфигурации устройству с её отражением в хранилище `<intended>` и фактическим применением с отражением в `<operational>`. Однако в некоторых случаях элемент конфигурации, который должен быть применён, может не вступить в силу или на это потребуется длительное время. Это может быть обусловлено несоблюдением тех или иных условий, нераспространением отдельных частей конфигурации, сочтённых неактивными, несоблюдением зависимостей от ресурсов или ошибками реализации при задании условий.

Когда действующая конфигурация отличается от применяемой, может возникнуть множество проблем. Корректное управления сетью осложняется ограниченной видимостью фактических рабочих состояний, что затрудняет анализ и понимание происходящего в сети. Может возникнуть негативное влияние на службы (например, снижение качества или прекращение обслуживания клиентов), а сетевые ресурсы могут распределяться некорректно.

Приложения потенциально могут анализировать любые различия между двумя хранилищами, извлекая из них содержимое и сравнивая его. Отдано во многих случаях такое сравнение будет дорогостоящим и расточительным.

В этом документе вводится модель данных YANG, определяющая RPC, предназначенные для использования с протоколами NETCONF [RFC6241] и RESTCONF [RFC8040]. Эти RPC позволяют клиенту запросить у сервера сравнение двух хранилищ NMDA и отчёт о различиях между ними.

## 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. Обзор модели данных

Основой решения является новая операция управления `<compare>`, сравнивающая содержимое дерева данных в двух хранилищах. Эта операция отыскивает различия в значениях или узлах данных обоих хранилищ и возвращает найденные расхождения. Вывод имеет формат, заданный в YANG Patch [RFC8072].

Модель данных YANG определяет операцию `<compare>` как новую процедуру RPC. Входные параметры операции указаны ниже.

### **source - источник**

Указывает хранилище, служащее основой (эталоном) для сравнения, например, `<intended>`.

### **target - назначение**

Указывает хранилище, сравниваемое с эталонным (source), например, `<operational>`.

### **filter-spec - спецификация фильтра**

Фильтр, задающий извлекаемые части хранилища. Он служит селектором узлов, указывающий узлы данных для сравнения и узлы, исключаемые из сравнения. Это позволяет искать различия лишь в интересующей части хранилища, например, в определённом поддереве. Отметим, что в фильтре нельзя использовать выражения для сопоставления со значениями узлов данных, поскольку это может вызвать трудности при реализации и обычно не требуется.

### **all - все**

Указывает, что нужно включать все различия, в том числе относящиеся к узлам схемы, имеющимся лишь в одном из хранилищ. При отсутствии этого параметра автоматически выполняется предварительная фильтрация для исключения данных, которые не представлены в обоих хранилищах. Если какой-либо узел присутствует лишь в одном из хранилищ, все экземпляры этого узла схемы и их потомки исключаются из сравнения. Это позволяет клиентским приложениям сосредоточиться на различиях, определяющих фактическое несоответствие экземпляров данных без указания более сложных фильтров.

### **report-origin - источник отчёта**

Указывает, что метаданные об источнике следует включать в вывод RPC. При отсутствии параметра метаданные источника в сравнении, включающем `<operational>`, по умолчанию опускаются. Отметим, что метаданные источника применимы лишь к хранилищу `<operational>` и не указываются в сравнении, не включающем `<operational>`, независимо от наличия этого параметра.

Операция представляет на выходе один параметр, описанный ниже.

### **differences - различия**

Этот параметр содержит список различий, представляемых в соответствии с моделью данных YANG Patch [RFC8072]. Когда узел хранилища данных в эталонном источнике отсутствует в целевом хранилище, это может быть указано как `delete` или `remove` в файле различий (patch), поскольку сравнение здесь невозможно. Модель данных YANG Patch была дополнена для указания узлов эталонного хранилища (в дополнение к самому исправлению), которые нужно применить к источнику для создания целевого объекта. Когда целевым является хранилище `<operational>` и установлен входной параметр `report-origin`, метаданные источника включаются как часть исправления (patch). Это может помочь в объяснении причин различия в некоторых случаях, например, когда узел данных является частью `<intended>`, но источник того же узла в `<operational>` указан как `system`.

Модель данных определена в модуле YANG `ietf-nmda-compare`, структура которого показана ниже, в соответствии с обозначениями из [RFC8340].

```

module: ietf-nmda-compare
rpcs:
  +---x compare
  +---w input
  | +---w source          identityref
  | +---w target          identityref
  | +---w all?            empty
  | +---w report-origin? empty
  | +---w (filter-spec)?
  |   +---:(subtree-filter)
  |     | +---w subtree-filter?
  |     +---:(xpath-filter)
  |       +---w xpath-filter?    yang:xpath1.0 {nc:xpath}?
  +--ro output
  +--ro (compare-response)?
  +--:(no-matches)
  | +--ro no-matches?    empty
  +--:(differences)
  +--ro differences
  +--ro yang-patch
  +--ro patch-id        string
  +--ro comment?       string
  +--ro edit* [edit-id]
  +--ro edit-id         string
  +--ro operation       enumeration
  +--ro target          target-resource-offset
  +--ro point?         target-resource-offset
  +--ro where?         enumeration
  +--ro value?
  +--ro source-value?

```

Рисунок 1. Структура *ietf-nmda-compare*.

## 4. Модель данных YANG

Этот модуль YANG включает ссылки на [RFC6991], [RFC8342], [RFC8072], and [RFC6241].

```

<CODE BEGINS> file "ietf-nmda-compare@2021-12-10.yang"
module ietf-nmda-compare {
  yang-version 1.1;
  namespace "urn:ietf:params:xml:ns:yang:ietf-nmda-compare";
  prefix cmp;

  import ietf-yang-types {
    prefix yang;
    reference
      "RFC 6991: Common YANG Data Types";
  }
  import ietf-datastores {
    prefix ds;
    reference
      "RFC 8342: Network Management Datastore
      Architecture (NMDA)";
  }
  import ietf-yang-patch {
    prefix ypatch;
    reference
      "RFC 8072: YANG Patch Media Type";
  }
  import ietf-netconf {
    prefix nc;
    reference
      "RFC 6241: Network Configuration Protocol (NETCONF)";
  }

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

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

    Author: Yingzhen Qu
            <mailto:yqu@futurewei.com>

    Author: Jeff Tantsura
            <mailto:jefftant.ietf@gmail.com>

    Author: Andy Bierman
            <mailto:andy@yumaworks.com>;
  description
    "Модель данных YANG определяет новую операцию <compare>, которая
    может применяться для сравнения хранилищ NMDA.

    Авторские права (Copyright (c) 2021) принадлежат IETF Trust и
    лицам, указанным как авторы кода. 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 9144, где правовые аспекты приведены более полно.";

```

revision 2021-12-10 {
  description
    "Исходный выпуск.";
  reference
    "RFC 9144: Comparison of Network Management Datastore
    Architecture (NMDA) Datastores";
}

/* RPC */
rpc compare {
  description
    "Операция сравнения хранилищ данных NMDA.";
  input {
    leaf source {
      type identityref {
        base ds:datastore;
      }
      mandatory true;
      description
        "Хранилище-образец для сравнения.";
    }
    leaf target {
      type identityref {
        base ds:datastore;
      }
      mandatory true;
      description
        "Сравниваемое с образцом хранилище.";
    }
    leaf all {
      type empty;
      description
        "При наличии этого листа сравниваются все узлы данных
        независимо от их присутствия в 1 или обоих хранилищах.
        При отсутствии листа автоматически применяется
        предопределённый фильтр для исключения узлов данных,
        имеющих лишь в одном из хранилищ. В частности, если
        одно из хранилищ (source или target) содержит лишь данные
        конфигурации, а другим служит <operational>, узлы
        данных с config false исключаются из сравнения.";
    }
    leaf report-origin {
      type empty;
      description
        "При наличии этого листа метаданные источника включаются в
        вывод RPC. При отсутствии листа метаданные источника в
        сравнении с участием <operational> опускаются.";
    }
    choice filter-spec {
      description
        "Указывает сравниваемые части хранилища данных.";
      anydata subtree-filter {
        description
          "Указывает искомые части целевого хранилища данных.";
        reference
          "RFC 6241, Section 6.";
      }
      leaf xpath-filter {
        if-feature "nc:xpath";
        type yang:xpath1.0;
        description
          "Выражение XPath, указывающее искомые части целевого
          хранилища.";
        reference
          "RFC 6991: Common YANG Data Types";
      }
    }
  }
  output {
    choice compare-response {
      description
        "Результаты сравнения.";
      leaf no-matches {
        type empty;
        description
          "Указывает, что фильтру не соответствует ничего
          и сравнения не выполняется.";
      }
    }
  }
}

```



Хранилище <operational> не включает экземпляр листа description, имеющийся в <intended>, а лист enabled имеет в хранилищах разное значение (true в <operational> и false в <intended>). Лист name в обоих хранилищах совпадает. Источником экземпляров листьев в <operational> указано изучение (learned), что может помочь в понимании причины различия.

RPC запрашивает сравнение <operational> (образец) с <intended> (цель сравнения).

```
<rpc message-id="101"
  xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:netconf:base:1.0">
  <compare xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:yang:ietf-nmda-compare"
    xmlns:ds="urn:ietf:params:xml:ns:yang:ietf-datastores">
    <source>ds:operational</source>
    <target>ds:intended</target>
    <report-origin/>
    <xpath-filter
      xmlns:if="urn:ietf:params:xml:ns:yang:ietf-interfaces">
      /if:interfaces
    </xpath-filter>
  </compare>
</rpc>
```

Отклик RPC с найденными различиями представлен ниже.

```
<rpc-reply
  xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:netconf:base:1.0"
  message-id="101">
  <differences
    xmlns="urn:ietf:params:xml:ns:yang:ietf-nmda-compare"
    xmlns:or="urn:ietf:params:xml:ns:yang:ietf-origin">
  <yang-patch>
    <patch-id>interface status</patch-id>1
    <comment>
      diff between operational (source) and intended (target)2
    </comment>
    <edit>
      <edit-id>1</edit-id>
      <operation>replace</operation>3
      <target>/ietf-interfaces:interface=eth0/enabled</target>
      <value>
        <if:enabled>>false</if:enabled>
      </value>
      <source-value>
        <if:enabled or:origin="or:learned">>true</if:enabled>
      </source-value>
    </edit>
    <edit>
      <edit-id>2</edit-id>
      <operation>create</operation>4
      <target>/ietf-interfaces:interface=eth0/description</target>
      <value>
        <if:description>ip interface</if:description>
      </value>
    </edit>
  </yang-patch>
</differences>
</rpc-reply>
```

Такой же запрос в RESTCONF (с использованием формата JSON [RFC7951]) показан ниже.

```
POST /restconf/operations/ietf-nmda-compare:compare HTTP/1.1
Host: example.com
Content-Type: application/yang-data+json
Accept: application/yang-data+json
```

```
{ "ietf-nmda-compare:input" : {
  "source" : "ietf-datastores:operational",
  "target" : "ietf-datastores:intended",
  "report-origin" : null,
  "xpath-filter" : "/ietf-interfaces:interfaces"
}
```

Запрос RESTCONF (в формате JSON) даст показанный ниже результат.

```
HTTP/1.1 200 OK
Date: Thu, 24 Jan 2019 20:56:30 GMT
Server: example-server
Content-Type: application/yang-data+json
```

```
{ "ietf-nmda-compare:output" : {
  "differences" : {
    "ietf-yang-patch:yang-patch" : {
      "patch-id" : "interface status",
      "comment" : "diff between intended (source) and operational",2
      "edit" : [
```

<sup>1</sup>Состояние интерфейса.

<sup>2</sup>Отличие рабочего состояния от предполагаемого (intended).

<sup>3</sup>Операция смены состояния интерфейса (disabled на enabled).

<sup>4</sup>Создание описания в хранилище <intended>.



## 9. Литература

### 9.1. 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>>.
- [RFC3688] Mealling, M., "The IETF XML Registry", BCP 81, [RFC 3688](#), 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](#), 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](#), 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](#), DOI 10.17487/RFC6242, June 2011, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc6242>>.
- [RFC6991] Schoenwaelder, J., Ed., "Common YANG Data Types", [RFC 6991](#), DOI 10.17487/RFC6991, July 2013, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc6991>>.
- [RFC7950] Bjorklund, M., Ed., "The YANG 1.1 Data Modeling Language", [RFC 7950](#), DOI 10.17487/RFC7950, August 2016, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc7950>>.
- [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>>.
- [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>>.
- [RFC8072] Bierman, A., Bjorklund, M., and K. Watsen, "YANG Patch Media Type", [RFC 8072](#), DOI 10.17487/RFC8072, February 2017, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8072>>.
- [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>>.
- [RFC8340] Bjorklund, M. and L. Berger, Ed., "YANG Tree Diagrams", BCP 215, [RFC 8340](#), DOI 10.17487/RFC8340, March 2018, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8340>>.
- [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>>.
- [W3C.REC-xml-20081126] Bray, T., Paoli, J., Sperberg-McQueen, M., Maler, E., and F. Yergeau, "Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition)", World Wide Web Consortium Recommendation REC-xml-20081126, November 2008, <<https://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126>>.

### 9.2. Дополнительная литература

- [RFC8343] Bjorklund, M., "A YANG Data Model for Interface Management", [RFC 8343](#), DOI 10.17487/RFC8343, March 2018, <<https://www.rfc-editor.org/info/rfc8343>>.

## Приложение А. Возможные в будущем расширения

В будущем возможно расширение операции <compare> разными дополнительными функциями.

В частности, можно задать расширение с дополнительной функцией демпфирования, которое позволит клиентам задать минимальный интервал времени, в течение которого различия должны существовать, чтобы их следовало включать в результат. Это даст клиентам возможность отличить мимолётные различия от невнесенных изменений, которые могут привести к реальным проблемам в работе и несогласованности устройства. Для этого можно добавить входной параметр, определяющий интервал демпфирования, чтобы включать лишь более долгоживущие изменения. Значение 0 или отсутствие параметра будут отключать демпфирование. Отчёты о различиях можно соответственно отложить на время демпфирования с момента получения запроса.

Для реализации такой возможности сервер может запускать сравнение при вызове RPC и сохранять временный результат. Затем, по истечении периода демпфирования проверяется наличие найденных различий и сохранившиеся различия включаются в отчёт.

## Благодарности

Спасибо Rob Wilton, Martin Bjorklund, Mahesh Jethanandani, Lou Berger, Kent Watsen, Phil Shafer, Ladislav Lhotka, Tim Carey, Reshad Rahman за их отклики и предложения.

## Адреса авторов

Alexander Clemm  
Futurewei

2330 Central Expressway  
Santa Clara, CA 95050  
United States of America  
Email: [ludwig@clemm.org](mailto:ludwig@clemm.org)

**Yingzhen Qu**

Futurewei  
2330 Central Expressway  
Santa Clara, CA 95050  
United States of America  
Email: [yqu@futurewei.com](mailto:yqu@futurewei.com)

**Jeff Tantsura**

Microsoft  
Email: [jefftant.ietf@gmail.com](mailto:jefftant.ietf@gmail.com)

**Andy Bierman**

YumaWorks  
Email: [andy@yumaworks.com](mailto:andy@yumaworks.com)

**Перевод на русский язык**

Николай Малых

[nmalykh@protokols.ru](mailto:nmalykh@protokols.ru)