

Международный союз электросвязи

**МСЭ-Т**

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ  
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

**Серия Q**  
**Добавление 67**  
(04/2015)

СЕРИЯ Q: КОММУТАЦИЯ И СИГНАЛИЗАЦИЯ

---

**Система сигнализации для организации  
сетей с программируемыми параметрами**

Рекомендации МСЭ-Т серии Q – Добавление 67

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Q  
**КОММУТАЦИЯ И СИГНАЛИЗАЦИЯ**

СИГНАЛИЗАЦИЯ ПРИ РУЧНОМ СПОСОБЕ УСТАНОВЛЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	Q.1–Q.3
АВТОМАТИЧЕСКОЕ И ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЕ МЕЖДУНАРОДНОЕ СОЕДИНЕНИЕ	Q.4–Q.59
ФУНКЦИИ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТОКИ ДЛЯ СЛУЖБ ЦСИС	Q.60–Q.99
СЛУЧАИ, ПРИМЕНИМЫЕ К СТАНДАРТИЗИРОВАННЫМ СИСТЕМАМ МСЭ-Т	Q.100–Q.119
ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМАМ СИГНАЛИЗАЦИИ № 4, 5, 6, R1 И R2	Q.120–Q.499
ЦИФРОВЫЕ СТАНЦИИ	Q.500–Q.599
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СИСТЕМ СИГНАЛИЗАЦИИ	Q.600–Q.699
ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ СИГНАЛИЗАЦИИ № 7	Q.700–Q.799
ИНТЕРФЕЙС Q3	Q.800–Q.849
ЦИФРОВАЯ АБОНЕНТСКАЯ СИСТЕМА СИГНАЛИЗАЦИИ № 1	Q.850–Q.999
СЕТЬ СУХОПУТНОЙ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ	Q.1000–Q.1099
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СО СПУТНИКОВЫМИ ПОДВИЖНЫМИ СИСТЕМАМИ	Q.1100–Q.1199
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СЕТЬ	Q.1200–Q.1699
ТРЕБОВАНИЯ К СИГНАЛИЗАЦИИ И ПРОТОКОЛЫ IMT-2000	Q.1700–Q.1799
ХАРАКТЕРИСТИКИ СИГНАЛИЗАЦИИ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К УПРАВЛЕНИЮ ВЫЗОВАМИ НЕЗАВИСИМО ОТ СЛУЖБЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ (VICS)	Q.1900–Q.1999
ШИРОКОПОЛОСНАЯ ЦСИС	Q.2000–Q.2999
ТРЕБОВАНИЯ К СИГНАЛИЗАЦИИ И ПРОТОКОЛЫ СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СПП	Q.3000–Q.3999

*Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.*

## Добавление 67 к Рекомендациям МСЭ-Т серии Q

### Система сигнализации для организации сетей с программируемыми параметрами

#### Резюме

Добавление 67 к Рекомендациям МСЭ-Т серии Q "Система сигнализации для организации сетей с программируемыми параметрами" (SDN) содержит описание требований к сигнализации и архитектуры SDN, а также интерфейсов и процедур протоколов сигнализации. Данное Добавление будет также полезным при обеспечении возможности развития протокола(ов) сигнализации, способного(ых) поддерживать потоки трафика.

#### Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т Q Добавл. 67	29.04.2015 г.	11-я	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12503">11.1002/1000/12503</a>

#### Ключевые слова

SDN, модель сигнализации, сети с программируемыми параметрами.

---

\* Для получения доступа к Рекомендации найдите в адресном поле вашего браузера URL <http://handle.itu.int/>, после которого следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним в целях стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

## ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" (shall) или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" (must), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

## ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2022

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения .....	1
2 Справочные документы .....	1
3 Определения .....	1
3.1 Термины, определенные в других документах .....	1
3.2 Термины, определенные в настоящем Добавлении .....	1
4 Сокращения и акронимы .....	2
5 Соглашения.....	3
6 Требования к сигнализации и сценарии сигнализации .....	3
6.1 Сеть с поддержкой SDN.....	3
6.2 Оверлейная сеть с поддержкой SDN.....	3
6.3 Требования и сценарии, связанные с контроллером SDN .....	4
6.4 Подвижная сеть с программируемыми параметрами.....	6
7 Модель сигнализации .....	7
8 Описание интерфейсов модели сигнализации .....	8
8.1 Интерфейс Sa.....	8
8.2 Интерфейс Sn .....	8
8.3 Интерфейс Sew.....	9
8.4 Интерфейс Ss.....	9
8.5 Интерфейс Sma .....	9
8.6 Интерфейс Smo .....	9
8.7 Интерфейс Smc .....	9
8.8 Интерфейс Smp .....	10
9 Процедуры протоколов сигнализации .....	10
9.1 Процедура динамической миграции VM.....	10
Дополнение I – Сценарии бесшовной эстафетной передачи обслуживания и соответствующие требования к интерфейсу Ss.....	12
I.1 Не зависящая от среды передачи услуга (MIS), IEEE 802.21 .....	12
I.2 Процедуры протоколов сигнализации.....	13
Дополнение II – Методика разработки настоящего Добавления .....	14
Библиография .....	15



## Добавление 67 к Рекомендациям МСЭ-Т серии Q

### Система сигнализации для организации сетей с программируемыми параметрами

#### 1 Сфера применения

Настоящее Добавление "Система сигнализации для организации сетей с программируемыми параметрами" (SDN) содержит описание требований к сигнализации и архитектуры SDN, а также интерфейсов и процедур протоколов сигнализации. Эти требования и указанные элементы информации по сигнализации позволят разработать протокол(ы) сигнализации, способный(е) поддерживать потоки трафика.

#### 2 Справочные документы

- [ITU-T M.3400] Recommendation ITU-T M.3400 (2000), *TMN management functions*
- [ITU-T Y.3300] Recommendation ITU-T Y.3300 (2014), *Framework of software-defined networking*
- [ITU-T Y.3500] Рекомендация МСЭ-Т Y.3500 (2014 г.), *Информационные технологии – Облачные вычисления – Обзор и терминология*
- [ITU-T Y.3501] Рекомендация МСЭ-Т Y.3501 (2013 г.), *Структура облачных вычислений и требования высокого уровня*
- [ITU-T Y.3512] Рекомендация МСЭ-Т Y.3512 (2014 г.), *Облачные вычисления – Функциональные требования к сети как услуге*

#### 3 Определения

##### 3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящем Добавлении используются следующие термины, определенные в других документах.

**3.1.1 связь как услуга (Communication as a Service (CaaS))** [ITU-T Y.3500]: Категория облачной услуги, в которой возможно, предоставляемой потребителю облачной услуги, является взаимодействие и совместная работа в режиме реального времени.

ПРИМЕЧАНИЕ. – CaaS может обеспечивать как тип возможностей приложения, так и тип возможностей платформы.

**3.1.2 сеть как услуга (Network as a Service (NaaS))** [ITU-T Y.3500]: Категория облачной услуги, в которой возможность, предоставляемая потребителю облачной услуги, относится к возможностям транспортного соединения и связанным с ним сетевым возможностям.

ПРИМЕЧАНИЕ. – NaaS может обеспечивать любые из трех типов облачных возможностей.

**3.1.3 цепочка услуг (service chain)** [ITU-T Y.3512]: Упорядоченный набор функций, который используется для обеспечения выполнения дифференцированной политики обработки трафика применительно к потоку трафика.

**3.1.4 сети с программируемыми параметрами (software-defined networking (SDN))** [ITU-T Y.3300]: Набор методов, который позволяет напрямую программировать, организовывать, контролировать сетевые ресурсы и управлять ими, что облегчает проектирование, доставку и эксплуатацию сетевых служб динамичным и масштабируемым образом.

##### 3.2 Термины, определенные в настоящем Добавлении

В настоящем Добавлении определяются следующие термины.

**3.2.1 промежуточный узел (middlebox)**: Устройство компьютерной сети, обеспечивающее промежуточное хранение, преобразование, проверку, фильтрацию или иную обработку трафика в иных целях, отличных от пересылки пакетов.

**3.2.2 оркестровка (orchestration):** Функция, обеспечивающая автоматическое управление сетевыми ресурсами и услугами и их координацию.

**3.2.3 белый ящик (white-box):** Устройство обработки данных общего назначения, обеспечивающее реконфигурируемые и настраиваемые функции промежуточного узла (трансляцию сетевых адресов (NAT), промежуточное хранение, углубленную проверку пакетов (DPI), функции системы обнаружения вторжений (IDS) и т. д.) в целях, отличных от пересылки пакетов. Может быть реализовано как виртуальное.

#### 4 Сокращения и акронимы

В настоящем Добавлении используются следующие сокращения и акронимы.

ACL	Access Control List	Список управления доступом
API	Application Programming Interface	Интерфейс прикладного программирования
AS	Autonomous System	Автономная система
BGP	Border Gateway Protocol	Протокол пограничного шлюза
CaaS	Communication as a Service	Связь как услуга
CE	Control Entity	Объект контроля
DPI	Deep Packet Inspection	Углубленная проверка пакетов
FCAPS	Fault, Configuration, Accounting, Performance and Security	[Управление] отказами, конфигурацией, учетом, показателями работы и безопасностью
FE	Functional Entity	Функциональный объект
IDS	Intrusion Detection Systems	Системы обнаружения вторжений
IoT	Internet of Things	Интернет вещей
IP	Internet Protocol	Протокол Интернет
LBS	Location-Based Service	Услуги, предоставляемые с учетом местоположения пользователя
M2M	Machine to Machine	Межмашинное взаимодействие
MIS	Media Independent Service	Услуга, не зависящая от среды передачи
MN	Mobile Node	Подвижный узел
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	Многопротокольная коммутация по меткам
NaaS	Network as a Service	Сеть как услуга
NAT	Network Address Translation	Трансляция сетевых адресов
NE	Network Entity	Сетевой объект
NFV	Network Function Virtualization	Виртуализация сетевых функций
ONF	Open Networking Foundation	Консорциум Open Networking Foundation
QoS	Quality of Service	Качество обслуживания
RAN	Radio Access Network	Сеть радиодоступа
SDN	Software-Defined Networking	Сеть с программируемыми параметрами

SLA	Service Level Agreement		Соглашение об уровне обслуживания
VLAN	Virtual Local Area Network		Виртуальная локальная сеть
VM	Virtual Machine	BM	Виртуальная машина
VPN	Virtual Private Network		Виртуальная частная сеть

## 5 Соглашения

В настоящем Добавлении:

ключевое слово "требуется" означает требование, которому необходимо неукоснительно следовать и отклонение от которого не допускается, если будет сделано заявление о соответствии настоящему Добавлению;

ключевое слово "рекомендуется" означает требование, которое рекомендуется, но не является абсолютно необходимым. Таким образом для заявления о соответствии настоящему Добавлению данное требование не является обязательным;

ключевые слова "может факультативно" означают необязательное требование, которое допустимо, но не имеет какого бы то ни было рекомендательного значения. Этот термин не означает, что вариант реализации поставщика должен обеспечивать выполнение этой функции, и функция может быть активирована по желанию оператора сети/поставщика услуг. Это означает лишь, что поставщик может предоставлять эту функцию факультативно и при этом заявлять о соответствии настоящему Добавлению.

## 6 Требования к сигнализации и сценарии сигнализации

### 6.1 Сеть с поддержкой SDN

В сценарии сети с поддержкой SDN централизованный контроллер SDN создает маршрут трафика из одного края сети в другой с использованием определенных протоколов через южный интерфейс, например OpenFlow [b-ONF], который программирует этот трафик по каждому узлу маршрута, включая край, объединение и основные коммутаторы/маршрутизаторы. Первый пакет нового трафика направляется в централизованный контроллер SDN, в котором применяется политика, рассчитываются маршруты и используется южный интерфейс для направления этого трафика в каждый узел маршрута.

Учитывая, что такой подход порождает ряд проблем, рекомендуется решить следующие проблемные вопросы:

- данный подход способствует взрывному росту числа состояний пересылки в физических коммутаторах/маршрутизаторах;
- при необходимости программирования нового трафика контроллер SDN должен взаимодействовать с каждым из физических коммутаторов/маршрутизаторов на маршруте;
- эта модель неизбежно приводит к дополнительной задержке.

### 6.2 Оверлейная сеть с поддержкой SDN

В сценарии оверлейной сети с поддержкой SDN централизованный контроллер SDN использует оверлейные туннели для виртуализации сети. Эти туннели обычно заканчиваются виртуальными коммутаторами/маршрутизаторами, а также могут завершаться физическими коммутаторами/маршрутизаторами. Этот сценарий уменьшает число состояний пересылки в физических базовых узлах и может не затрагивать физические коммутаторы при добавлении нового арендатора или виртуальной машины (BM). Что особенно важно, контроллер SDN обеспечивает беспрепятственный путь перехода при внедрении SDN в действующие сети.

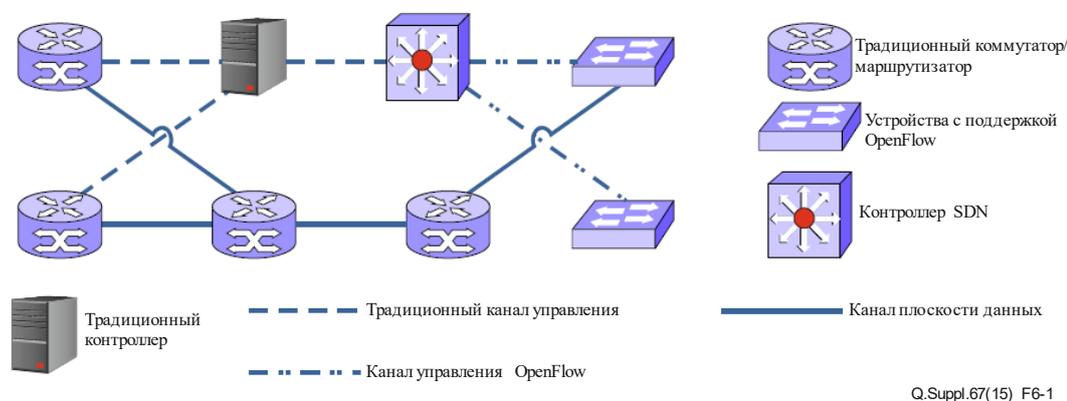
Существует несколько протоколов плоскости данных, которые можно использовать для создания оверлейных туннелей. Если в качестве примера взять протокол OpenFlow, то его можно просто установить на границе сети, не касаясь агрегирования и центральных физических коммутаторов/маршрутизаторов. В данном случае для создания оверлейных туннелей используется OF-Config [b-ONF], а для программирования трафика в туннелях – OpenFlow.

Однако в этом сценарии очень сложно обеспечить качество обслуживания (QoS) для каждого арендатора или виртуальной машины, поскольку каждый пакет инкапсулирован в туннель. Рекомендуется поддерживать детализированную организацию очередей, чтобы изолировать арендатора и для каждого арендатора обеспечить надлежащее QoS.

## 6.3 Требования и сценарии, связанные с контроллером SDN

### 6.3.1 Гибридная сеть

Данная модель развертывания допускает сосуществование традиционных сред с закрытыми маршрутизаторами/коммутаторами поставщиков и устройств с поддержкой OpenFlow. Такой гибридный подход означает объединение плоскостей контроля и данных традиционных и новых сетевых элементов, что можно рассматривать как плавный переход для существующей сети. Модель гибридной сети представлена на рисунке 6-1. Традиционный контроллер, показанный на этом рисунке, может представлять собой не только сервер, но и устройства других типов. Например, в качестве традиционного контроллера можно рассматривать отражатель маршрутов, который служит наиболее популярным средством распределения маршрутов патрулирования пограничного шлюза (border gateway patrol – BGP) между маршрутизаторами одной и той же автономной системы (AS). Между традиционными контроллерами и контроллерами OpenFlow в новой плоскости контроля необходимо установить выделенный компонент типа шлюза.



Q.Suppl.67(15)\_F6-1

Рисунок 6-1 – Модель гибридной сети

### 6.3.2 Взаимодействие между разными доменами SDN

С ростом числа установок в сети операторского класса все рабочие состояния всей системы не могут храниться в одном контроллере SDN. Поэтому критически важной становится проблема взаимодействия контроллеров SDN (или восточно-западного интерфейса). В среде с несколькими поставщиками необходимо обеспечить равноправное взаимодействие (пиринг) между узлами контроллеров либо в одном административном домене (внутридоменный), либо между административными доменами (междоменный). Сигнализация восточно-западного интерфейса должна гарантировать синхронизацию состояний между интегрированными узлами контроллера. Если появляется временная несогласованность, необходимо принять локальное решение о том, какой экземпляр состояния управления использовать.

Учитывая совокупные преимущества масштабируемости, высокой готовности и низкой стоимости, следует принять во внимание требование плавного перехода от существующей сети. Необходимо уменьшить сложность сети, упростить ее работу, предотвратить потери качества и обеспечить интеграцию системы SDN с существующей инфраструктурой и логикой обслуживания в сети операторского класса, такой как сеть BGP, сеть с многопротокольной коммутацией по меткам (MPLS) или виртуальная частная сеть (VPN). Следовательно, вполне реально принять для восточно-западного интерфейса зрелые протоколы, которые уже много лет используются в действующих сетях.

Основываясь на приведенном выше анализе и требованиях, для восточно-западного интерфейса, обеспечивающего согласование контроллеров SDN, можно факультативно использовать стандартный BGP.

### 6.3.3 Функция оркестровки на основе облачных услуг

С развитием облачных услуг требуется все больше возможностей по управлению сетью и ее оркестровке. Сеть как услуга (NaaS), определенная в [ITU-T Y.3500], может служить примером категории облачных услуг, в которых возможности, предоставляемые CSC, – это возможности установления транспортного соединения и соответствующие сетевые функции. В число общих требований к NaaS, сформулированных в [ITU-T Y.3501], входят конфигурация сети по запросу, безопасное соединение, соединение с гарантированным QoS и совместимость разнородных сетей. Одной из основных технологий, поддерживающих доставку NaaS, является SDN.

В рамках модели сигнализации SDN NaaS можно рассматривать как приложение с поддержкой SDN, доставляемое облачной платформой управления, которая должна взаимодействовать с функцией оркестровки SDN. Для того чтобы тесно интегрировать вычислительные и сетевые ресурсы, необходимо обеспечить интерфейс между облачной платформой управления и функцией оркестровки SDN.

Если для примера взять конкретный сценарий, то в случае наличия нескольких арендаторов экземпляры виртуальных машин одного и того же арендатора всегда развертываются на разных вычислительных узлах и взаимодействуют через сеть определенного арендатора, то есть виртуальную локальную сеть (VLAN). Когда происходит динамическая миграция ВМ между разными вычислительными узлами, даже в географически распределенном центре обработки данных, это необходимо для того, чтобы сетевым политикам, прикрепленным к переносимой виртуальной машине, было известно о переносе и чтобы они автоматически устанавливались в новом порту ВМ.

### 6.3.4 Функция оркестровки для управления промежуточным узлом

Получающая все большее распространение практика развертывания промежуточных узлов (например, буферной памяти (кэша), межсетевого экрана, NAT и т. д.) внутри как фиксированных, так и подвижных сетей приводит ко многим проблемам и нареканиям за плохое взаимодействие с системами управления более высокого уровня (то есть с системой оркестровки и контроллером SDN). См. рисунок 6.2.

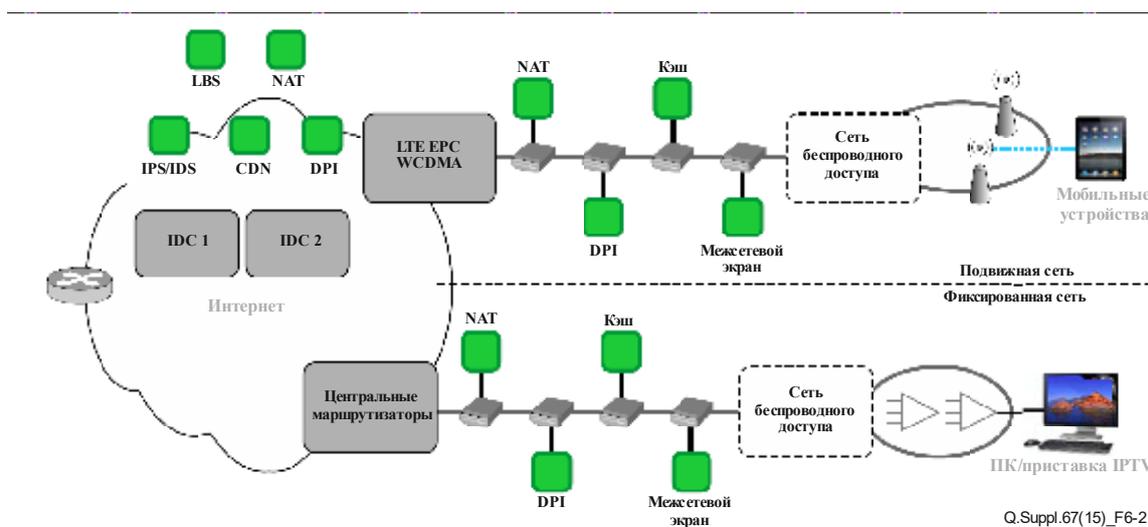


Рисунок 6-2 – Промежуточные узлы в фиксированной и подвижной сетях

Для того чтобы обеспечить цепочку услуг, установление соединения и мониторинг отказов, среда SDN должна поддерживать единое управление промежуточными узлами в целях эффективного контроля и взаимодействия между компонентами сетевой коммутации и промежуточным узлом.

Требуется:

- поддерживать мониторинг промежуточных узлов для проверки их готовности, состояния ресурсов и т. д.;
- получать информацию о топологии всех связей промежуточного узла;
- поддерживать управление промежуточным узлом для создания служб промежуточного узла.

### 6.3.5 Функция оркестровки для управления белым ящиком

Виртуализация сетевых функций (NFV) [b-ETSI NFV] схожа по своей природе с SDN, поскольку и то и другое нацелено на перевод управления сетью с аппаратного уровня на программный. Кроме того, NFV является технологией, в которой используются технологии виртуализации для управления сетевыми функциями через программное обеспечение, и нет необходимости полагаться на проприетарное аппаратное обеспечение для выполнения этих функций.

На рисунке 6-3 показан один из возможных сценариев развертывания белого ящика в фиксированных и подвижных сетях.

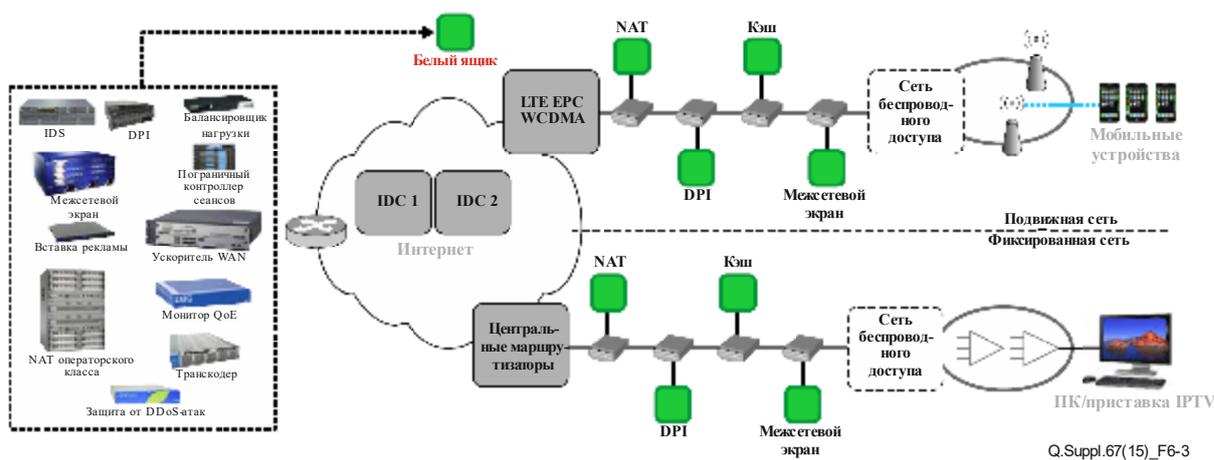


Рисунок 6-3 – Белые ящики в фиксированной и подвижной сетях

Для того чтобы обеспечить установку, реконфигурацию и настройку среды SDN, необходимо поддерживать единое управление белыми ящиками в целях эффективного контроля и взаимодействия между ними и компонентами SDN.

Дополнительно рекомендуется обеспечить:

- функцию мониторинга белых ящиков для проверки их готовности, состояния ресурсов (например, ЦП, ОЗУ, накопителей и т. д.), емкости и т. д.;
- функциональную информацию, такую как описание услуг, тип услуг, поставщик, версии программного обеспечения и т. д.;
- информацию о топологии и подключении промежуточных узлов, такую как IP-адрес, домен сети, порт, интерфейс, местоположение и т. д.

### 6.4 Подвижная сеть с программируемыми параметрами

Подвижная сеть с программируемыми параметрами (SDMN) – это подход к проектированию беспроводных подвижных сетей, в которых централизованный контроллер SDN позволяет управлять подвижностью базовой сети, трактом передачи трафика и ресурсами сетей радиодоступа (RAN) с использованием южного и северного интерфейсов прикладного программирования (API). Это предстоящая интеграция в беспроводную подвижную сеть различных RAN, подключенных через контроллер SDN. SDMN представляет собой архитектуру SDN подвижной сети, состоящую из контроллера, стандартных коммутаторов доступа и базовой сети, а также промежуточных узлов,

поддерживающих детализированную политику. Все функции протокола реализованы в программном обеспечении, что позволяет максимально использовать универсальное и стандартное оборудование и ПО как в базовой сети, так и в RAN. Протокол типа OpenFlow можно использовать для управления различными беспроводными сетями, соблюдая требования технологий радиодоступа долгосрочного развития (LTE) и Wi-Fi с конкретными южным и северным интерфейсами API.

В SDMN логически централизованный контроллер облегчает реализацию методов совместного управления подвижностью в базовых сетях. Централизованный контроллер концентрирует сетевой интеллект для снижения эксплуатационных расходов и обеспечения автоматизации. Более того, сетевые функции, такие как подвижность, выравнивание нагрузки и межсетевые экраны, развертываются в виде программных приложений.

Логически централизованный контроллер также позволяет принимать решения о распределении радиоресурсов с глобальной видимостью между многими базовыми станциями, что намного выгоднее, чем распределенное управление радиоресурсами (RRM) и бесшовная эстафетная передача обслуживания, применяемые сегодня. Централизация сетевого интеллекта позволяет настраивать решения RRM на основе профиля динамического распределения мощности и поднесущих каждой базовой станции для поддержки бесшовной эстафетной передачи обслуживания.

Необходимо тщательно спроектировать и расширить сетевые контроллеры и протоколы южного и северного направлений, которые будут применяться в SDMN, а также определить и реализовать новые сетевые приложения.

## 7 Модель сигнализации

Модель сигнализации, представленная на рисунке 7-1, согласована с высокоуровневой архитектурой SDN, определенной в [ITU-T Y.3300].

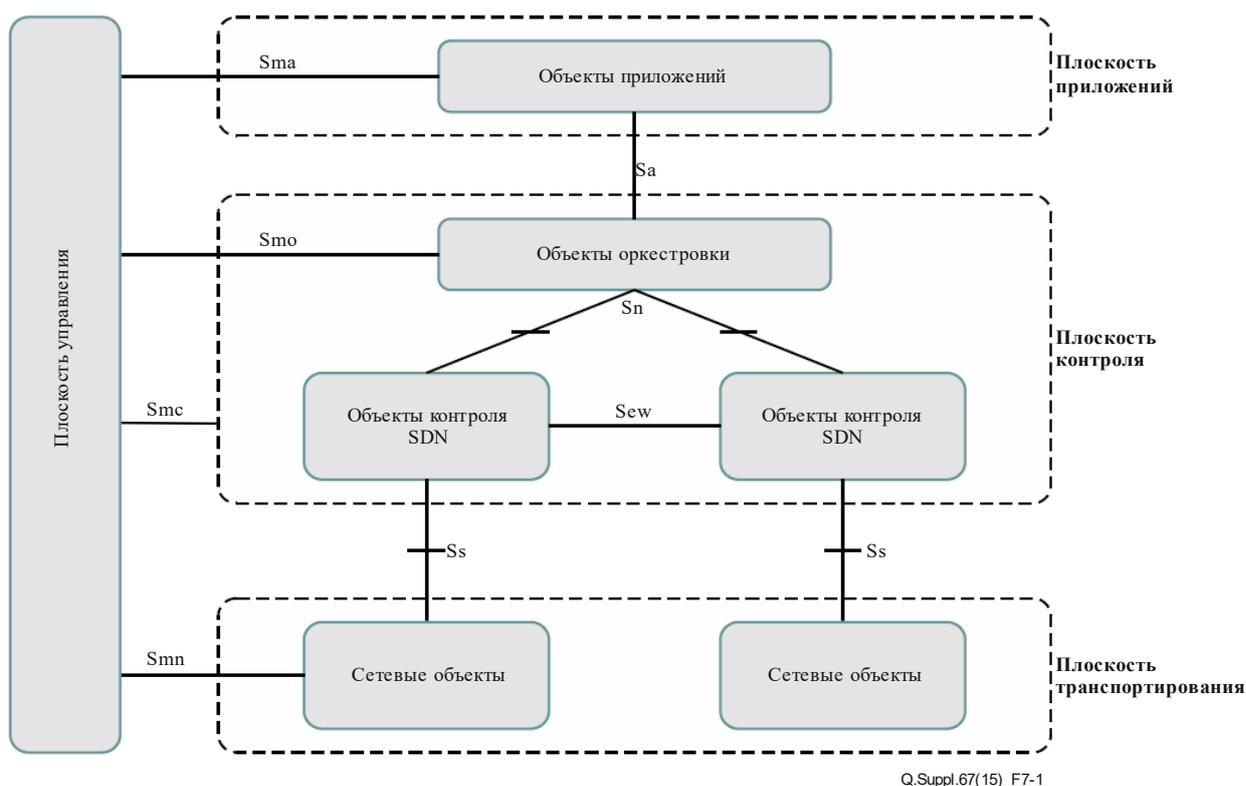


Рисунок 7-1 – Модель сигнализации системы SDN

На рисунке 7-1 представлена базовая модель сигнализации системы SDN, состоящая из трех горизонтальных и одной вертикальной плоскостей. Это плоскость приложений, плоскость контроля, плоскость транспортирования и плоскость управления.

В плоскости приложений объекты приложений, то есть приложения, поддерживающие SDN, сообщают о своих сетевых потребностях/политиках/требованиях/указаниях объектам оркестровки в плоскости контроля.

Объекты оркестровки в плоскости контроля обеспечивают открытый API сетевых услуг и управление услугами, например предоставление услуг, составление/инкапсуляцию/предоставление услуг и согласование между разными объектами контроля SDN. Они также предоставляют функции управления промежуточными узлами, такие как проверка их готовности, мониторинг состояния ресурсов и предоставление информации о соединениях (например, IP-адреса, номера портов и т. д.).

Объекты контроля SDN (CE) в плоскости контроля осуществляют логически централизованное управление сетевыми объектами (NE), преобразуя намерение, переданное объектами оркестровки, в подробные инструкции, которые пересылаются в нижележащие низкоуровневые тракты передачи данных SDN, и обеспечивая абстрагирование трактов передачи данных SDN для логического представления сети. Кроме того, осуществляется взаимодействие между объектами контроля SDN, если они находятся в разных административных доменах.

В плоскости транспортирования NE реализуют возможности пересылки и обработки.

Плоскость управления обеспечивает функциональные возможности для традиционного управления отказами, конфигурацией, учетом, показателями работы и безопасностью (FCAPS), как описано в [ITU-T M.3400]. Плоскость управления взаимодействует со всеми горизонтальными плоскостями.

## **8 Описание интерфейсов модели сигнализации**

### **8.1 Интерфейс Sa**

Интерфейс Sa позволяет объектам приложений, например сетевым службам, поддерживающим SDN, приложениям или другим пользователям SDN взаимодействовать с объектами оркестровки. Через этот интерфейс могут работать HTTP (например, веб-API RESTful) и другие протоколы. С помощью этого интерфейса может осуществляться обмен информацией о явных требованиях приложений и состоянии сети, статистике и событиях между объектами приложения и объектами оркестровки.

### **8.2 Интерфейс Sn**

Интерфейс Sn предоставляет возможность взаимодействия между объектами оркестровки и объектами контроля SDN, обеспечивая генерирование подробных или абстрактных представлений сетей, чтобы объекты оркестровки могли настраивать/управлять/контролировать CE SDN путем взаимодействия с представлением. Этот интерфейс транслирует требования приложений и обеспечивает соблюдение принципов поведения объектов оркестровки. К функциям данного интерфейса относятся:

- определение топологии

Интерфейс Sn передает абстрактное представление топологии сети и команды управления приложениями. Он связан с обнаружением топологии сети и состояния доменов контроля для абстрактного представления ресурсов сети (например, абстрактной топологии, состояния сети, использования ресурсов) и соответствующих требований к сигнализации;

- предоставление услуг

Объекты оркестровки координируют действия ряда объектов контроллера SDN, чтобы обеспечить эти услуги. Услуги могут предоставляться автоматически или вручную;

- устойчивость и надежность

Интерфейс Sn должен обеспечивать надежную передачу сообщений сигнализации, относящихся к функциям поддержки мониторинга отказов и управления устойчивостью во множестве доменов.

### 8.3 Интерфейс Sew

Интерфейс Sew позволяет CE SDN взаимодействовать либо в рамках одного административного домена (внутри домена), либо между административными доменами (междоменно). Рекомендуется, чтобы он поддерживал следующие возможности:

- облачный режим, а также сетевые услуги и услуги связи, например NaaS и SaaS (связь как услуга), как определено в [ITU-T Y.3500]. Услуги могут предоставляться автоматически или вручную. CE SDN должны поддерживать создание, выпуск, запрос и восстановление услуг через интерфейс Sew;
- элемент вычисления пути (PCE) для проектирования путей, соответствующих требованиям к полосе пропускания, задержке и другим требованиям QoS услуг, а также для создания специальных вычислительных компонентов и обеспечения взаимодействия между разными контроллерами домена SDN через интерфейс Sew. Вычисление оптимальных междоменных путей может осуществляться с использованием услуг одного или нескольких PCE;
- масштабируемость, под которой понимается способность CE SDN поддерживать постоянно растущее количество запросов и различных услуг с использованием существующей инфраструктуры SDN;
- устойчивость и надежность, под которыми понимается способность CE продолжать работу в условиях отказа и способность CE восстанавливать свою работу после отказа.

Внутридоменный интерфейс Sew обычно представляет собой интерфейс одного поставщика, находящийся в сети одного оператора. Поскольку поставщик один, интерфейс может содержать проприетарные элементы, специфичные для этого поставщика.

Интерфейс Sew – это междоменный интерфейс между контроллерами в сетях SDN, которые пересекают границы доменов. Границы доменов определяются операторами сетей и могут включать административные границы внутри сети оператора, границы между разными поставщиками в сети оператора или границы между разными операторами сетей. Информация, передаваемая через междоменный интерфейс Sew, обычно более ограничена, чем информация, передаваемая через внутридоменный интерфейс Sew. Внутридоменный интерфейс Sew может иметь проприетарные элементы, а междоменный интерфейс Sew стандартизирован для обеспечения совместимости между разными поставщиками.

### 8.4 Интерфейс Ss

Интерфейс Ss обеспечивает возможность взаимодействия между сетевыми объектами и объектами контроля SDN. Через этот интерфейс могут работать протоколы OpenFlow и OF-Config. Данный интерфейс обеспечивает низкоуровневое управление нижележащими сетевыми устройствами.

### 8.5 Интерфейс Sma

Интерфейс Sma обеспечивает возможность взаимодействия между плоскостью управления и объектами приложений. С помощью этого интерфейса можно отслеживать рабочие характеристики приложений и контролировать соблюдение соглашения об уровне обслуживания (SLA). Через этот же интерфейс плоскость управления выполняет первоначальную настройку.

### 8.6 Интерфейс Smo

Интерфейс Smo обеспечивает возможность взаимодействия между плоскостью управления и объектами оркестровки. Через этот интерфейс могут осуществляться настройка политик и обновление программного обеспечения объектов оркестровки.

### 8.7 Интерфейс Smc

Интерфейс Smc обеспечивает возможность взаимодействия между плоскостью управления и объектами контроля SDN. Через этот интерфейс могут осуществляться настройка политик и обновление программного обеспечения объектов контроля. Кроме того, через данный интерфейс может осуществляться сбор данных о состоянии сети для непрерывной адаптации политик.

## 8.8 Интерфейс Smp

Интерфейс Smp обеспечивает возможность взаимодействия между плоскостью управления и объектами сети. Через этот интерфейс могут осуществляться первоначальная настройка/выбор конфигурации устройств и обновление программного обеспечения сетевых объектов. Через данный интерфейс также можно организовать мониторинг рабочих характеристик сети, выявление неисправностей и энергоэффективную работу.

## 9 Процедуры протоколов сигнализации

### 9.1 Процедура динамической миграции VM

Как описано в пункте 6.3.3, для динамической миграции VM между разными вычислительными узлами даже в географически распределенном центре обработки данных, необходимо, чтобы сетевым политикам (таким как список управления доступом (ACL), QoS и т. д.), прикрепленным к переносимой виртуальной машине, было известно о переносе (миграции) и чтобы они автоматически переустанавливались в новом порту виртуальной машины. В этом контексте плоскость управления действует как платформа управления облачными вычислениями, которая отвечает за настройку, контроль, развертывание и управление вычислительными ресурсами и ресурсами хранения, а также взаимодействует с объектами оркестровки для обмена уведомлениями о переносе виртуальной машины. Роль по информированию о переносе виртуальных машин и запуску обновленных сетевых политик объектов SDN берут на себя объекты оркестровки. Соответствующие информационные потоки подробно представлены на рисунке 9-1.

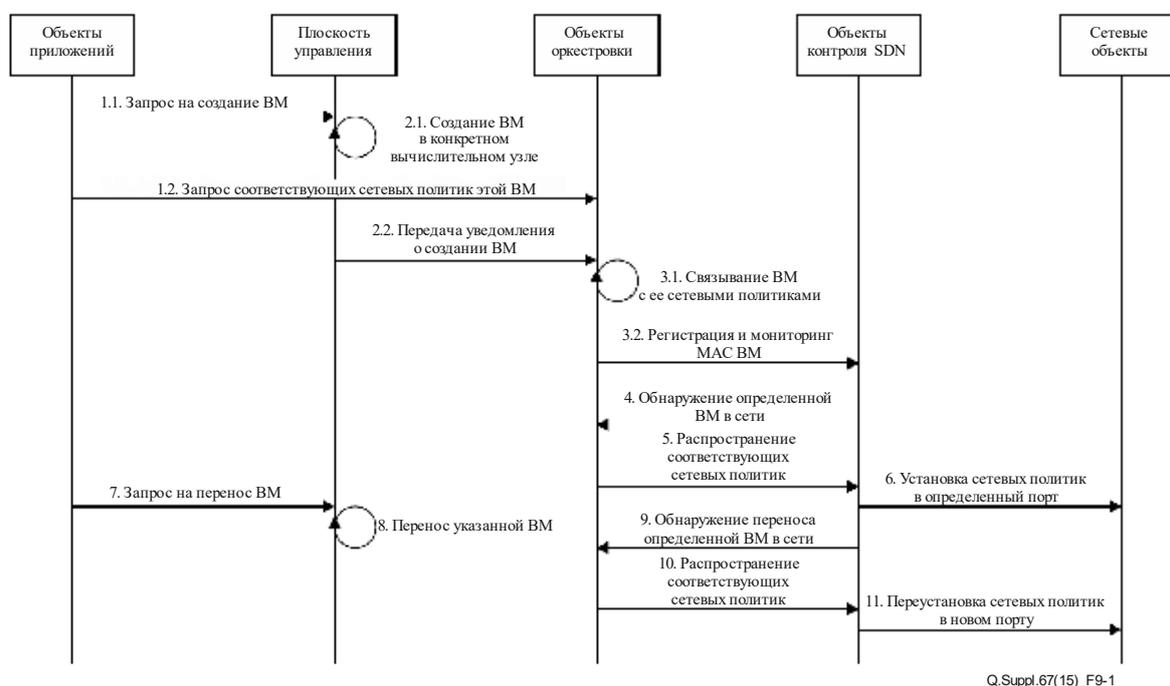


Рисунок 9-1 – Процедуры динамической миграции VM

1. Объекты приложения запрашивают создание виртуальной машины и соответствующие сетевые политики у плоскости управления и объектов оркестровки соответственно через интерфейсы Sma и Sa согласно требованиям арендатора.
2. Плоскость управления, действуя как платформа управления облачными вычислениями, направляет команду определенному вычислительному узлу и сообщает объектам оркестровки о создании виртуальной машины через интерфейс Smo.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Описание выполнения команд, полученных в вычислительных узлах от плоскости управления, таких как команда на создание VM, перенос VM и т. д., выходит за рамки настоящего Добавления.

3. Объекты оркестровки связывают VM с ее сетевыми политиками, запоминают эту связь и регистрируют MAC-адрес этой VM в объектах контроля SDN, а затем отслеживают изменения ее состояния.
4. Объекты контроля SDN обнаруживают указанную VM в управляемой ими сети и сообщают о ней объектам оркестровки.
5. Объекты оркестровки проверяют связь между VM и сетевыми политиками и распространяют сетевые политики, связанные с указанной VM, среди объектов контроля SDN.
6. Объекты контроля SDN устанавливают сетевые политики в соответствующий порт указанной VM.
7. Объекты приложения запрашивают перенос VM.
8. Плоскость управления направляет команду соответственно исходному и целевому вычислительным узлам.
9. Объекты контроля SDN обнаруживают перенос указанной VM в контролируемой ими сети и сообщают о нем объектам оркестровки.
10. Объекты оркестровки проверяют связь между VM и сетевыми политиками и распространяют сетевые политики, связанные с указанной VM, среди объектов контроля SDN.
11. Объекты контроля SDN переустанавливают сетевые политики в соответствующем порту указанной VM и удаляют политики из исходного порта.

## Дополнение I

### Сценарии бесшовной эстафетной передачи обслуживания и соответствующие требования к интерфейсу Ss

В последнее время около 90% трафика компаний создается встроенными мобильными приложениями. Мы добились революционных успехов в области подвижных сетей с точки зрения количества предлагаемых мобильных устройств и услуг. Более того, по мере развития интернета вещей (IoT), включая носимые компьютеры и межмашинное взаимодействие (M2M), число мобильных устройств будет экспоненциально расти.

Консорциум Open Network Foundation (ONF) перечислил проблемы и преимущества SDN для развития подвижных и беспроводных сетей [b-ONF]. Подвижная сеть с программируемыми параметрами (SDMN) – это подход к проектированию сетей беспроводной подвижной связи, в которых централизованный контроллер SDN позволяет управлять трактом передачи трафика и ресурсами сетей подвижного доступа с использованием южного и северного API. В сетях подвижного доступа используются технологии радиодоступа, которые перестали быть однородными или статичными.

Большинство мобильных приложений в сетях SDMN основано на функциях взаимодействия с использованием радиосвязи. Взаимодействие, в частности между неоднородными технологиями RAN, осуществляется с помощью функций L1/L2. Такое взаимодействие также создает новые проблемы, связанные с распределением радиоресурсов или бесшовной эстафетной передачей обслуживания. Для управления RAN используется парадигма SDN, поскольку централизованный контроллер может упростить управление радиоресурсами и снизить затраты на управление подвижностью.

В сетях SDMN централизованный контроллер концентрирует сетевой интеллект для снижения эксплуатационных расходов и обеспечения бесшовной подвижности. Логически централизованный контроллер упрощает управление нижележащими сетевыми объектами (NE). Интерфейс Ss обеспечивает возможность взаимодействия между объектами NE и CE SDN. Через этот интерфейс могут работать протоколы OpenFlow и OF-Config. Взаимодействие для поддержки управления подвижностью, бесшовной эстафетной передачи обслуживания, распределения радиоресурсов, выравнивания нагрузки и межсетевых экранов будет осуществляться посредством программных приложений.

Что же касается взаимодействия для поддержки мобильных приложений, то в настоящем Дополнении представлены конкретные сценарии сигнализации помимо сетевого контроллера. Эти сценарии связаны с распределением радиоресурсов и бесшовной эстафетной передачей обслуживания.

#### I.1 Не зависящая от среды передачи услуга (MIS), IEEE 802.21

SDMN характеризуется четким разделением плоскостей контроля и данных. SDMN – это простейшее решение для будущей интеграции беспроводных подвижных сетей, когда разные RAN, подключенные через шлюзы, сохраняют свою независимость. Можно ожидать, что логически централизованный контроллер позволит подвижному узлу (MN) контролировать каналы, распределять ресурсы и обеспечивать управление подвижностью MN.

Система сигнализации стандарта IEEE 802.21-2008 [b-IEEE 802.21] может служить общей платформой для поддержки управления подвижностью в неоднородных сетях. Платформа сигнализации поддерживает бесшовную эстафетную передачу обслуживания в неоднородных RAN с помощью интерфейса Ss. Одни примитивы и сообщения помогают подвижному узлу (MN) отслеживать состояние канала (например, мощность сигнала и скорость передачи данных), другие – управлять своими канальными уровнями (физическим уровнем и уровнем канала данных) для бесшовной эстафетной передачи обслуживания в неоднородных RAN.

Некоторые примитивы и сообщения могут использоваться для передачи информации о конфигурации сети в целях управления эстафетной передачей обслуживания и подвижностью через четко отделенную плоскость контроля в сетях SDMN, а следовательно, они могут использоваться и для обеспечения беспрепятственной настройки конфигурации сети для распределения ресурсов во время перемещения MN между сетями RAN. Таким образом, система сигнализации с применением интерфейса Ss подходит для распределения радиоресурсов и управления подвижностью в сетях SDMN, в которых используются разные неоднородные сети RAN, благодаря четкому разделению плоскостей контроля и данных.

В SDMN система сигнализации позволяет поддерживать протоколы управления подвижностью, интерфейсы и услуги для обеспечения хороших показателей эстафетной передачи обслуживания без внесения каких-либо изменений.

## 1.2 Процедуры протоколов сигнализации

В данном разделе рассматривается поток сигнализации для поддержки бесшовной эстафетной передачи обслуживания при неоднородных технологиях радиодоступа. Чтобы проиллюстрировать поток сигнализации, введем общие требования, необходимые для поддержки бесшовной эстафетной передачи обслуживания.

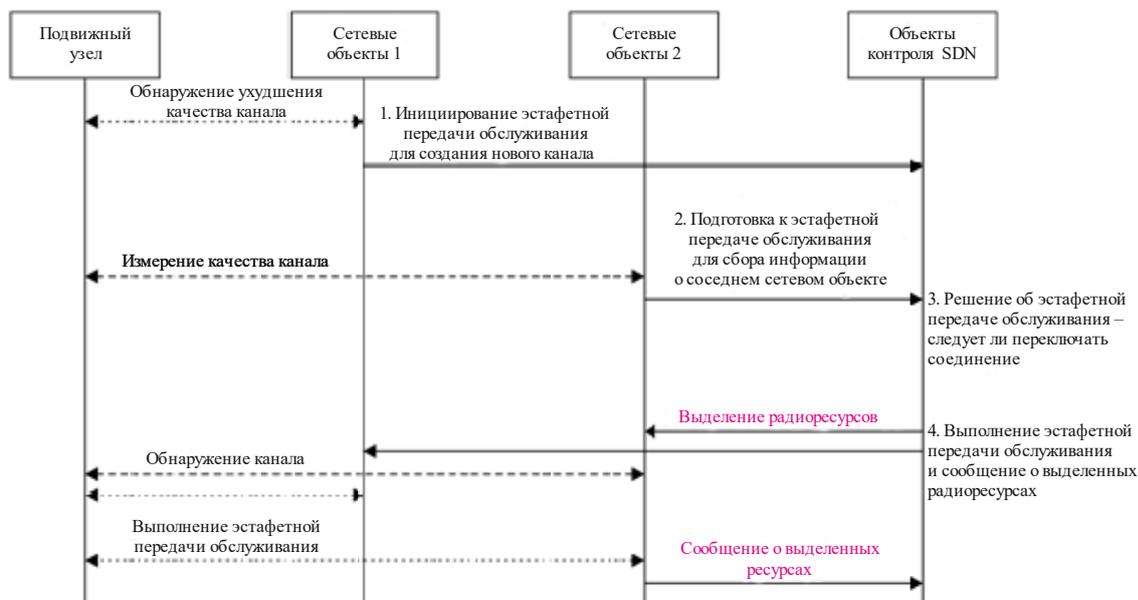
Под эстафетной передачей обслуживания понимается способность передавать текущий вызов или сеанс передачи данных для текущих услуг от одного NE к другому без всякого прерывания. Процедура эстафетной передачи обслуживания для распределения радиоресурсов состоит из четырех этапов, как показано на рисунке I.1.

Первый этап – этап инициирования эстафетной передачи обслуживания, который начинается с момента обнаружения ухудшения качества канала и продолжается до подачи запроса на инициирование нового канала.

Второй этап – подготовка к эстафетной передаче обслуживания, состоящая из всех шагов по измерению качества канала, сбору информации о соседних сетях и обмену информацией о предлагаемом этими сетями QoS.

Третий этап – принятие решения об эстафетной передаче обслуживания, которое представляет собой процедуру, позволяющую решить, следует ли переключить соединение на новую сеть, на основе параметров, собранных на этапе инициирования эстафетной передачи обслуживания. Решение о распределении радиоресурсов принимается NE или CE SDN на основе состояния линии радиосвязи или распределения радиоресурсов соседних RAN.

На последнем этапе NE или CE SDN осуществляют настройку радиоресурсов (например, частоты, времени, режима интерфейса и мощности). MN готовится подключиться к RAN с вновь выделенными радиоресурсами в ходе выполнения эстафетной передачи обслуживания. После этого NE сообщает о выделенных ему радиоресурсах CE SDN и соседнему NE.



Q.Suppl.67(15)\_F1.1

Рисунок I.1 – Бесшовная эстафетная передача обслуживания в процедурах SDMN

## Дополнение II

### Методика разработки настоящего Добавления

Принимая во внимание методику стандартизации и обычную последовательность исследований, модель сигнализации, включая функциональные объекты и их взаимные интерфейсы, следует основывать на функциональных требованиях, выведенных из соответствующих вариантов или сценариев использования. Поэтому разработка настоящего Добавления должна состоять из следующих этапов.

Этап 1. Сценарии сигнализации и выведенные из них функциональные требования (раздел 6).

Этап 2. Модели сигнализации, включая FE и их взаимодействие, на основе функциональных требований, выведенных на этапе 1 (разделы 7 и 8).

Этап 3. Процедуры протокола сигнализации для типичных сценариев сигнализации (раздел 9).

В качестве новой парадигмы SDN в основном ориентируется на разделение контроля и передачи. Она состоит из ряда существующих и новых технологий и может использоваться во многих разнообразных сценариях, таких как облачные вычисления, центры обработки данных, операторские IP-сети, сети широкополосного доступа, беспроводные сети, безопасность сетей и т. д. Каждому сценарию применения SDN соответствуют собственное особое решение и различные функциональные требования. Следовательно, в разных сценариях функциональным элементам и их контрольным точкам в высокоуровневой структуре SDN соответствуют особые описания и требования.

## Библиография

- [b-ETSI NFV ISG] ETSI NFV ISG, *Network Functions Virtualization*.  
<http://portal.etsi.org/portal/server.pt/community/NFV>
- [b-IEEE 802.21] IEEE 802.21 (2008), *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Media Independent Handover Services*.
- [b-ONF] Open Networking Foundation, *OpenFlow/Software-Defined Networking (SDN)*.  
<https://www.opennetworking.org/>





## СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Оконечное оборудование, субъективные и объективные методы оценки
<b>Серия Q</b>	<b>Коммутация и сигнализация</b>
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи