АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ СЕТЕВОГО СЛАЙСИНГА

ANALYTICAL REVIEW OF NETWORK SLICING MODELS AND METHODS

УДК 004.4:004.7

Бехруз Данешманд, аспирант, ИТМО Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург

Behrooz Daneshmand Daneshmandbehrooz@gmail.com

Аннотация

Современным методам сетевого слайсинга отводится фундаментальная роль в развёртывании и проектировании программно-конфигурируемых сетей связи, к которым относятся и 5G/IMT-2020 сети. В статье проводится обзор ряда современных методов и моделей сетевого слайсинга. Изучаются элементы архитектуры сетей связи, относящиеся к пятому поколению, и особенности их структуры. В процессе анализа методов сетевого слайсинга выявляются их особенности, различия и приводится оценка перспектив развития.

Annotation

Modern methods of network slicing play a fundamental role in the deployment and design of software-defined communication networks, which include 5G/IMT-2020 networks. The article reviews a number of modern methods and models of network slicing. Elements of the architecture of communication networks belonging to the fifth generation and features of their structure are studied. In the process of

analyzing network slicing methods, their features and differences are identified and the development prospects are evaluated.

Ключевые слова: 5G/IMT-2020, модель сетевого слайсинга, метод сетевого слайсинга, сетевой слайсинг, сетевой слайс.

Keywords: 5G/IMT-2020, network slicing model, network slicing method, network slicing, network slice.

Введение

Ежедневно возрастает число пользователей Интернета, появляются различные сетевые сервисы, увеличиваются требования разработчиков контента к скорости фиксированного и мобильного интернет-доступа, а абоненты становятся требовательнее к качеству обслуживания [1]. По этой причине разработчики аппаратного и программного обеспечения сетей связи и операторы связи непрестанно модернизируют архитектуру сетей, опираясь на новые стандарты, требования и рекомендации.

Из-за колоссальных объёмов сетевого трафика, генерируемого подключёнными к Интернету устройствами, дальнейшая эксплуатация построенных на коммутаторах и маршрутизаторах сетей становится невозможной. Им на смену приходят программно-конфигурируемые сети (SDN) и сервисы виртуализации сетевых функций (NFV), являющиеся элементами концепции сетей пятого поколения (5G/IMT-2020) [2]. В этих сетях ключевым компонентом является сетевой слайсинг, предназначенный для эффективного использования ресурсов сетевой инфраструктуры.

Сетевым слайсингом, или сегментацией сети, называют концепцию параллельного развёртывания ряда автономных, логических и независимых сетей на единой инфраструктурной платформе [3]. В его принципе лежит специфический способ виртуализации сетевых инфраструктурных ресурсов. Сетевой сегмент, или слайс, является динамически созданной логической сквозной сетью, характеризующейся оптимизированной топологией. Она

формируется под конкретную задачу – для определённого клиента или класса обслуживания. Оператор мобильной сети получает возможность разделять сетевые ресурсы вместе с вычислительными и ресурсами хранения на слои, выделяя их сервисам. Технология 5G-слайсинга была создана в рамках проекта 3GPP, ориентированного на сотовую связь [4].

Основы подхода к методам сетевого слайсинга

Перед началом строительства математических моделей необходимо обозначить наличие активных слайсов, приблизительные ёмкости сегментов, число пользователей и прочие показатели. Пусть при активности *S* сегментов на базовой станции каждый из них обслуживает p_s пользователей, где $s = 1, \ldots, S$ является сегментом из общего количества *S*. В таком случае общая пропускная способность базовой станции равна *C* бит/с, а ёмкость отдельного слайса – C_s бит/с [5]. Все параметры имеют положительные и действительные значения.

Существует два базовых направления функционирования сети на базе слайсинга при построении архитектуры: однородность и неоднородность каждого слайса. Однородность такого элемента из набора S слайсов указывает на тождественность требований к качеству обслуживания QoS, характеристик трафика и предоставление пользователям единственной услуги, скорость передачи данных которой составляет не менее $a_s > 0$ бит/с и не более $b_s \leq C$ бит/с. В этом случае эффективная скорость передачи данных для определённого пользователя слайса находится в пределах:

$$0 < a_s \leq x_s^i \leq b_s,$$

где i – это отдельный пользователь.

Это переменная величина, зависящая от ёмкости сегмента и числа обслуживаемых пользователей. Общая сумма скоростей при передаче данных не может быть более данной ёмкости [5]:

$$\sum_{i=1}^{p_s} x_s^i \leq C_s.$$

В случае равномерного распределения ресурсов в границах одного слайса пропускная способность для пользователя отдельного сегмента рассчитывается по формуле:

$$x_s^i = x_s = \frac{C_s}{p_s}.$$

Эта модель позволяет установить минимальное значение скорости a_s бит/с в пределах слайса, ниже которого выделенная скорость пользователя не может опуститься, поскольку в противном случае полученные параметры не будут соответствовать QoS [5].

Структура сети 5G/IMT-2020

Модель сетевого 5G-слайсинга может быть представлена в виде трёхуровневой сети с гибким развёртыванием и управлением сетевыми приложениями через общую инфраструктуру [6]. Её структура включает:

1. Уровень программно-определяемой инфраструктуры 5G (5G-SDI) с программным управлением и контролем. Состоит из нескольких доменов с локальными контроллерами. Такой подход обеспечивает динамическое распределение ресурсов, позволяет формировать сервис-специфичные слайсы и даёт возможность управления виртуальными ресурсами не только поставщику сети, но и пользователю слайса.

2. Уровень виртуальных ресурсов. Предоставляет необходимые для сетевого слайсинга виртуальные ресурсы, работающие подобно виртуальным машинам. Эти ресурсы, являющиеся абстракциями базовых физических ресурсов, управляемых в 5G-SDI, могут совместно использоваться отдельными слайсами по их требованию, что увеличивает эффективность использования сетевых ресурсов.

3. Уровень приложений и сервисов. Состоит из различных сервисов, таких как подключённые транспортные средства и виртуальная реальность, принадлежащих нескольким пользователям. При этом один пользователь может использовать несколько служб. В этом случае службы со сходными требованиями могут совместно использовать один слайс, а с различными – частично использовать разные слайсы.

Основные модели сетевого слайсинга

Базовой физической сетевой инфраструктурой является ориентированный мульти-граф $G = (N, L)$, где N – набор узлов сети, а L – набор каналов связи, распложённых между узлами. Узел $n \in N$, измеряемый в флопс/с (*flops/s*), характеризуется вычислительной мощностью p, а канал связи $l \in L$, измеряемый в битах/с (*bits/s*) – пропускной способностью $b > 0$. Узел, обладающий положительной вычислительной мощностью $p > 0$, – это облачное местоположение, могущее выполнять виртуальные сетевые функции, в то время как узел с нулевой мощностью $p = 0$ может служить только в качестве маршрутизатора ПКС [3].

С позиции моделирования сетевые слайсы – это коллекции взаимосвязанных виртуальных функций сети. Наиболее распространённым научным подходом является рассмотрение таких функций в качестве единицы вычисления.

Для сетей пятого поколения могут быть применены следующие модели:

1. Единая эталонная модель. В ней отдельный сетевой слайс – это объединение подмножеств виртуальных сетевых функций и ресурсов [7]. В этом случае сетевой слайсинг имеет вид процесса создания и управления такими слайсами, проводимого поверх физической инфраструктуры сети.

2. Модифицированная эталонная модель. Расширяет эталонную, вынося отдельно сетевые сервисы. Здесь слайс рассматривается в качестве объединения подмножеств виртуальных сетевых функций, ресурсов и сервисов на определённое время [7]. В этом случае сетевой слайсинг имеет аналогичный предыдущему случаю вид.

3. Модель слайса с S/D парами. Предполагает сосуществование нескольких слайсов на основе одной физической инфраструктуры, в которой каждый из них обеспечивает сетевой трафик между источником (*Source*) и приёмником (*Destination*), то есть представляется source-destination (S/D) парой [3]. Определение отдельных слайсов включает однонаправленный связанный список виртуальных функций сети (VNFs), задающий

последовательность выполнения разных VNFs. При этом подход к сетевому слайсингу аналогичен предыдущим моделям.

4. Контент-ориентированная модель. Здесь в качестве парадигмы используется информационно-ориентированная сеть (ICN), актуальная вследствие преимущественной заинтересованности пользователей самим контентом, а не местом его хранения [8]. В контент-ориентированном сетевом слайсинге ресурсы сети выделяются по контенту. В модели каждый из сетевых слайсов связан с одним контентом и состоит из пары внутренних подслайсов: кеширования и коммуникации.

Заключение

Методы и модели сетевого слайсинга играют основополагающую роль в развёртывании и проектировании современных программно-конфигурируемых сетей связи, в особенности 5G/IMT-2020 сетей. От верного выбора модели зависит общее функционирование сети связи. Для сложных проектов рациональной представляется гибридизация сетевого слайсинга, то есть использование гетерогенного слайсинга, в котором слайсы могут быть взяты от разных моделей. Это даст возможность сочетать их преимущества, исключив недостатки, что удовлетворяет требованиям Интернета Вещей.

Литература

1. Боронин П.Н., Кучерявый А.Е. Интернет Вещей как новая концепция развития сетей связи // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2014. – Т. 2, № 3. – С. 7-30.

2. Мухизи С., Киричёк Р.В. Анализ технологии слайсинга в сетях связи пятого поколения // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2017. – Т. 5, № 4. – С. 57-63.

3. Мухизи С., Киричёк Р.В. Обзор и анализ моделей и методов сетевого слайсинга // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2018. – Т.6, № 3. – С. 79-97.

4. Саломатина Е.В. Разработка моделей телекоммуникационных информационно-управленческих сетей и методов их эффективного использования: дис. канд. техн. наук: 05.12.13 / Елена Васильевна Саломатина; Москва. НИИ радио. − М., 2019. − 187 л.

5. Гольдштейн Б.С., Елагин В.С., Кобзев К.О., Гребенщикова А.А. Введение в технологию слайсинга в сетях связи пятого поколения // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2019. – Т.7, № 4. – С. 21-29.

6. Xin, Li et al. Network Slicing for 5G: Challenges and Opportunities // IEEE Internet Computing. – 2017. – Vol. 21. – pp. 20-28.

7. Galis, A., I, Ch.-L. Towards 5G Network Slicing – Motivations and Challenges // IEEE 5G Tech Focus. – 2017. – Vol. 1, No. 1.

8. Jin, H., Xu, D., Zhao, C. et al. Information-Centric Mobile Caching Network Frameworks and Caching Optimization: A Survey // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. – 2017. – Vol. 1. – pp. 1-33.

Literature

1. Boronin P.N., Kucheryavyy A.E. Internet of Things as a new concept for the development of communication networks // Information technologies and telecommunications– 2014. – Vol. 2, № 3. – pp. 7-30

2. S.Muhizi, Kirichyok R.V. Analysis of slicing technology in communication networks of the fifth generation // Information technologies and telecommunications. – 2017. – Vol. 5, № 4. – pp. 57-63

3. S.Muhizi , Kirichyok R.V. comparative evaluation of models and methods of network slicing // Information technologies and telecommunications. – 2018. – Vol.6, № 3. – pp. 79-97

4. Salomatina E.V. Development of models of telecommunication information management networks and methods of their effective use: Thesis candidate of technical sciences 05.12.13 / .Moscow. Radio Research Institute.2019.

5. Goldstein B.S., Elagin V.S., Kobzev K.O., Grebenshchikova A.A. Introduction to slicing technology in fifth generation communication networks // Information technologies and telecommunications. – 2019. – Vol 7, № 4. – pp. 21-29.

6. Xin, Li et al. Network Slicing for 5G: Challenges and Opportunities // IEEE Internet Computing. – 2017. – Vol. 21. – pp. 20-28.

7. Galis, A., I, Ch.-L. Towards 5G Network Slicing – Motivations and Challenges // IEEE 5G Tech Focus. – 2017. – Vol. 1, No. 1

8. Jin, H., Xu, D., Zhao, C. et al. Information-Centric Mobile Caching Network Frameworks and Caching Optimization: A Survey // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. – 2017. – Vol. 1. – pp. 1-33.