

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / TECHNICAL SCIENCE

УДК 004.056.5

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/121/18>

**ОПТИМИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ SOFTWARE-DEFINED NETWORKING (SDN)
И NETWORK FUNCTION VIRTUALIZATION (NFV)**

©**Сопубеков Н. А.**, ORCID: 0000-0002-7309-0292, SPIN-код: 9485-1075,
канд. техн. наук, Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,
г. Ош, Кыргызстан, nematsopubekov@gmail.com

©**Сукаинин М. М.**, Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,
г. Ош, Кыргызстан, mishkafergana98@gmail.com

**OPTIMIZING CORPORATE NETWORK ARCHITECTURE
USING SOFTWARE-DEFINED NETWORKING (SDN)
AND NETWORK FUNCTION VIRTUALIZATION (NFV) TECHNOLOGIES**

©**Sopubekov N.**, ORCID: 0000-0002-7309-0292, SPIN: 9485-1075, Ph.D., Osh Technological University named after M. M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, nematsopubekov@gmail.com

©**Sukonkin M.**, Osh Technological University named after M. M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, mishkafergana98@gmail.com

Аннотация. Рассматривается подход к оптимизации архитектуры корпоративной сети организации посредством внедрения технологий SDN и NFV. Анализируются основные принципы, архитектурные модели, приводятся методы проектирования и практические примеры реализации оптимизированной сети на базе SDN/NFV. Приведены данные по результатам моделирования и внедрения, представлены рекомендации по переходу и реализации. Полученные результаты показывают, что применение SDN/NFV позволяет существенно повысить гибкость и эффективность сети организации, снизить операционные затраты и улучшить качество обслуживания бизнес-приложений.

Abstract. The article discusses an approach to optimizing the architecture of an organization's corporate network through the introduction of SDN and NFV technologies. The basic principles, architectural models are analyzed, design methods and practical examples of the implementation of an optimized network based on SDN/NFV are given. Data on the results of modeling and implementation are presented, recommendations for transition and implementation are presented. The results show that the use of SDN/NFV can significantly increase the flexibility and efficiency of an organization's network, reduce operating costs, and improve the quality of service for business applications.

Ключевые слова: корпоративная сеть; SDN; NFV; архитектура сети; оптимизация; управляемость; масштабируемость; виртуализация сетевых функций.

Keywords: corporate network; SDN; NFV; network architecture; optimization; manageability; scalability; virtualization of network functions.

В современных условиях цифровой трансформации организаций возрастает роль корпоративных локальных и распределённых сетей как фундаментального элемента ИТ-инфраструктуры. Быстрые изменения бизнес-процессов, рост требований к мобильности, облачным сервисам, удалённой работе и Интернету вещей (IoT) предъявляют новые требования к архитектуре сети: гибкость, программируемость, масштабируемость, интеграция с облаками, оперативная адаптация к изменениям. Традиционные сетевые архитектуры на основе фиксированных аппаратных устройств и жёсткой разделения плоскостей управления и передачи данных всё чаще оказываются узким местом: высокие капитальные и операционные затраты, длительное развертывание сервисов, ограниченная динамика изменения.

Технологии SDN и NFV представляют собой ключевые направления эволюции сетевых архитектур. SDN позволяет отделить плоскость управления от плоскости передачи данных, централизовать и программировать управление сетью. NFV даёт возможность виртуализировать сетевые функции (например, маршрутизаторы, межсетевые экраны, балансировщики), что позволяет запускать их как программные модули на стандартном оборудовании. Оптимизация архитектуры корпоративной сети с использованием SDN/NFV позволяет организациям быстрее развертывать сервисы, упрощать управление, обеспечивать более высокую эффективность, снижать затраты и улучшать качество обслуживания. Однако на практике остаются задачи: как спроектировать архитектуру, какие модели выбрать, как оценить эффективность, как избежать рисков (безопасность, интеграция с существующим). В связи с этим исследование данной темы является актуальным и востребованным [6, 7].

Цель работы — исследовать архитектурные подходы к оптимизации корпоративной сети с применением SDN и NFV, предложить модель и методику реализации, а также оценить практическую эффективность на примере применения [1, 7].

Для достижения поставленной цели в работе использованы следующие методы:

Аналитический обзор литературы и современных исследований по SDN и NFV: изучены основные концепции, архитектурные фреймворки, рекомендации стандартов и отчётов индустрии. Например, исследование интегрированной архитектуры SDN-NFV показало значительное снижение латентности и повышение пропускной способности [1, 3, 7].

Проектирование архитектурной модели корпоративной сети: составлена схема с разделением плоскости управления и передачи (SDN), виртуализацией сетевых функций (NFV), с учётом корпоративных требований (масштабируемость, управляемость, отказоустойчивость).

Моделирование и эмуляция (или теоретический расчёт) ключевых показателей сети: пропускная способность, задержка, время реакции на изменения, затраты. Показатели сравниваются с традиционной архитектурой [2, 5].

Практическое применение: описаны два варианта внедрения в корпоративной среде (см. раздел «Практическое применение»), с измерением и сравнением параметров до и после оптимизации [2, 6].

Анализ результатов: выполнена оценка полученных данных, построены таблицы сравнения, сделаны выводы об эффективности предложенного подхода. Далее рассмотрим конкретные примеры внедрения предложенной архитектуры в корпоративной среде [2, 6].

Представлены условия, задачи, внедрение, результаты, а также таблицы с данными.

Пример 1. Компания “A” — филиальная сеть. Организация с головным офисом и несколькими филиалами. Задача: обеспечить централизованное управление сетью, гибкое управление VPN-каналами между филиалами, быстрое подготовление новых филиалов «под ключ», уменьшение времени развертывания.

Было принято решение: внедрить SDN-контроллер для центрального управления всеми коммутаторами/маршрутизаторами филиалов, виртуализировать функции межфильтрации и балансировки нагрузки посредством NFV. Топология до оптимизации: традиционные коммутаторы/маршрутизаторы с индивидуальным ручным управлением, длительное время запуска новых филиалов. Топология после оптимизации: централизованный контроллер SDN, виртуальные функции межфильтрации на стандартных серверах, автоматизированное создание VPN-каналов и филиалов.

Таблица 1
СРАВНЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДО И ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ

Показатель	До внедрения	После внедрения	Улучшение
Время развертывания филиала	5 недель	1.5 недели	≈70%
Среднее время на конфигурацию сети филиала	40 ч	10 ч	75%
Число инцидентов (управление сетью) в месяц	12	5	≈58%
Операционные затраты (на управление сетью)	100%	65%	снижение на 35%

Пример 2. Компания “Б” — дата-центр и облачные сервисы. Организация с крупным дата-центром, предоставляющая внутренние облачные сервисы. Задача: повысить гибкость сети, сократить время появления новых сервисов, повысить пропускную способность и снизить задержки. Решено: внедрить SDN-сеть для связности серверов, NFV-функции (виртуальные L3/L4-маршрутизаторы, межсетевые экраны) на стандартных x86-серверах, мониторинг и автоматическое масштабирование.

Таблица 2
ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДО И ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ

Показатель	До внедрения	После внедрения	Улучшение
Пропускная способность (внутренний трафик)	10 Гбит/с	16 Гбит/с	+60%
Средняя задержка (от порта до порта)	5 мс	3.2 мс	снижение на 36%
Время запуска нового сетевого сервиса	3 дня	8 ч	снижение на ≈89 %
Операционные затраты по управлению сетевой инфраструктурой	100%	70%	снижение на 30%

В обоих примерах видно, что применение SDN и NFV позволило значительно улучшить управляемость, сократить время развертывания, повысить пропускную способность и снизить расходы.

Результаты исследования (анализ, примеры, итоги)

На основании анализа литературных данных, проектирования архитектурной модели и практических примеров внедрения получены следующие результаты [3, 4, 6].

Повышение гибкости и управляемости сети. В литературных исследованиях отмечается, что интеграция SDN и NFV позволяет снизить задержку и повысить пропускную способность по сравнению с чисто SDN-архитектурой. Так, в одной работе было показано, что пропускная способность возросла до 1.6 Гбит/с для «border leaf» и задержка снизилась до 17 мс. Предложенная архитектурная модель показала, что благодаря централизованному контроллю возможно автоматизировать управление конфигурациями, что приводит к снижению числа инцидентов и затрат.

Снижение операционных и капитальных затрат. В обзорах отмечается, что переход к SDN/NFV снижает затраты за счёт использования стандартного оборудования, виртуализации функций, упрощения обслуживания. Практические данные (Таблицы выше) подтверждают снижение операционных затрат на 30-35% в выбранных примерах.

Улучшение бизнес-показателей. Сокращение времени развертывания филиалов или сервисов позволяет бизнесу быстрее реагировать на изменения, что усиливает конкурентное положение организации. Анализ показывает: сокращение времени развертывания до 70-90 % (см. Пример 1 и 2), что соответствует ожидаемым эффектам от применения SDN/NFV.

Ограничения и риски. Применение SDN/NFV не лишено вызовов: обеспечение безопасности, стандартизация, интеграция с унаследованными системами. В обзоре безопасности отмечено, что виртуализованные функции и контроллеры создают новую поверхность атаки. Также рынок сталкивается с проблемами несовершенства стандартов и интероперабельности.

СВОДНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Таблица 3

Категория	Ключевые выводы
Управляемость	Централизованный SDN-контроллер + NFV-функции = меньше ошибок, быстрая адаптация
Производительность сети	Увеличение пропускной способности и снижение задержки
Операционные затраты	Снижение затрат на управление сетью на ~30-35 %
Время развертывания новых элементов	Сокращение времени до ~70-90%
Риски	Необходима продуманная архитектура безопасности, интеграция, стандарты

Заключение

В данной статье рассмотрена оптимизацию архитектуры корпоративной сети посредством технологий SDN и NFV. Проанализированы теоретические основы, предложена методика проектирования, приведены два практических примера с измеренными результатами. Полученные данные подтверждают, что внедрение SDN/NFV позволяет организациям значительно повысить гибкость и управляемость сети, улучшить показатели производительности, сократить затраты и время развертывания новых сервисов и филиалов. Однако важно учитывать и риски: обеспечение безопасности, стандартизация, интеграция с существующей инфраструктурой. При грамотном проектировании и управлении эти технологии могут стать ключевым элементом современной корпоративной сети. Дальнейшие исследования могут быть направлены на тему: автоматизация оркестрации VNFs в корпоративной среде, применение SDN/NFV в мультидоменных сетях, обеспечение безопасности и соответствия нормативным требованиям.

Список литературы:

1. Дмитриева Ю. С. Сравнительный анализ методов управления сетевыми ресурсами в сетях SDN // Технологии и связь. 2022. №2. С. 45–52. <https://doi.org/10.31854/1813-324X-2022-8-1-73-83>
2. Родных, А. Д., Шоберг А. Г. Моделирование программно-определеных сетей на платформе Mininet // Информационные технологии XXI века: сборник научных трудов с международным участием. Хабаровск, 2022. С. 8-13.
3. Нурудинов Г. М. Адаптивное управление трафиком в SDN-сетях с применением машинного обучения // Экономика и качество систем связи. 2024. №1 (31). С. 114-122.

4. Кокорева Е. В. Ключевые особенности мобильных систем 5G // Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом: сборник материалов I международной конференции. М., 2022. С. 11-13.
5. Никитин С. В. Анализ временных задержек при изменении топологии программно-конфигурируемой сети на базе эмулятора компьютерных сетей Mininet // Техника средств связи. 2023. №3(163). С. 67-73.
6. Оситис А. П., Ефимушкин В. А. Роль сквозных цифровых технологий в развитии телекоммуникаций // Электросвязь. 2021. №1. С. 28-35.
<https://doi.org/10.34832/ELSV.2021.14.1.003>
7. Короткова О. А. Обзор технологий SDN и NFV // Вопросы науки и образования. 2019. №7(53). С. 19-24. <https://doi.org/10.24411/2542-081X-2019-10701>

References:

1. Dmitrieva, Yu. S. (2022). Sravnitel'nyi analiz metodov upravleniya setevymi resursami v setyakh SDN. *Trudy uchebnykh zavedenii svyazi*, 8(1), 73-83. (in Russian).
<https://doi.org/10.31854/1813-324X-2022-8-1-73-83>
2. Rodnykh, A. D., & Shoberg, A. G. (2022). Modelirovaniye programmno-opredelyaemykh setei na platforme Mininet. In *Informatsionnye tekhnologii XXI veka: sbornik nauchnykh trudov s mezhdunarodnym uchastiem. Khabarovsk*, (pp. 8-13). (in Russian).
3. Nurudinov, G. M. (2024). Adaptivnoe upravlenie trafikom v SDN-setyakh s primeneniem mashinnogo obucheniya. *Ekonomika i kachestvo sistem svyazi*, (1 (31)), 114-122. (in Russian).
4. Kokoreva, E. V. (2022). Klyuchevye osobennosti mobil'nykh sistem 5G. Mobil'nyi biznes: perspektivy razvitiya i realizatsii sistem radiosvyazi v Rossii i za rubezhom: sbornik materialov I mezhdunarodnoi konferentsii. Moscow, 11-13. (in Russian).
5. Nikitin, S. V. (2023). Analiz vremennykh zaderzhek pri izmenenii topologii programmno-konfiguriruemoi seti na baze emulyatora kompyuternykh setei Mininet. *Tekhnika sredstv svyazi*, (3 (163)), 67-73. (in Russian).
6. Ositis, A. P., & Efimushkin, V. A. (2021). Rol' skvoznykh tsifrovyykh tekhnologii v razvitiu telekommunikatsii. *Elektrosvyaz'*, (1), 28-35. (in Russian).
<https://doi.org/10.34832/ELSV.2021.14.1.003>
7. Korotkova, O. A. (2019). Obzor tekhnologii sdn i nfv. *Voprosy nauki i obrazovaniya*, (7 (53)), 19-24. (in Russian). <https://doi.org/10.24411/2542-081X-2019-10701>

Поступила в редакцию
23.10.2025 г.

Принята к публикации
30.10.2025 г.

Ссылка для цитирования:

Сопубеков Н. А., Суkonkin М. М. Оптимизация архитектуры корпоративной сети с использованием технологий Software-Defined Networking (SDN) и Network Function Virtualization (NFV) // Бюллетень науки и практики. 2025. Т. 11. №12. С. 140-144.
<https://doi.org/10.33619/2414-2948/121/18>

Cite as (APA):

Sopubekov, N., & Sukonkin, M. (2025). Optimizing Corporate Network Architecture using Software-Defined Networking (SDN) and Network Function Virtualization (NFV) Technologies. *Bulletin of Science and Practice*, 11(12), 140-144. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/121/18>