Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Владимирский государственный университет

имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Матвеева Анна Павловна

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ

В КОРПОРАТИВНОЙ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОЙ

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Специальность: 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель: Монахов Михаил Юрьевич, Доктор технических наук, профессор

Владимир 2022

Содержание

ВВЕДЕНИЕ 4

1 МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ В КПТС. АНАЛИЗ

ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ 11

1.1 Объект и предмет исследования 11

1.2 Понятие сетевой доступности и методы ее обеспечения 20

1.3 Формализация задачи исследования 33

Выводы к главе 1 37

2 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ ТОПОЛОГИИ КПТС

ПО КРИТЕРИЮ МАКСИМУМА ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ДОСТУПНОСТИ 38

2.1 Экспериментальный стенд для исследования доступности КПТС 38

2.2 Экспериментальное исследование доступности КПТС 44

2.3 Алгоритм оптимизации топологии КПТС по критерию максимума

интегрального показателя доступности 50

2.4 Внедрение результатов исследования 58

Выводы по главе 2 59

3 АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ В КПТС ПО КРИТЕРИЮ

ДОСТУПНОСТИ 61

3.1 Исследование алгоритма приоритизации и управления потоком HTB .... 61

3.2 Алгоритм планирования очередей передачи данных 70

3.3 Алгоритм поддержки низкоприоритетных сервисов 80

3.4 Экспериментальное исследование 87

3.5 Внедрение результатов исследования 93

Выводы к главе 3 95

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 97

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ 100

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 101

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Листинг программы для определения ИПД сети в среде

Mininet 115

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Листинг программы для генерации заданной топологии

в среде Mininet 132

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Основные методы и классы программы оптимизации

топологии КПТС 136

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Модифицированный модуль НТВ ядра ОС Linux 153

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Акты о внедрении результатов диссертационного

исследования 158

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Свидетельства о государственной регистрации интеллектуальной собственности 162

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения данного диссертационного исследования можно сделать следующие теоретические и практические выводы:

- Проанализированы существующие решения задачи повышения доступности корпоративной программно-определяемой телекоммуникационной сети и ее компонентов, а также методики оценки показателей доступности. Несмотря на растущие требования прикладного уровня по уменьшению отклика, большинство авторов, исследующих доступность телекоммуникационных сетей, не учитывают данный критерий и по-прежнему оценивают этот показатель через коэффициент готовности сети.

- Ограничения, препятствующие достижению высокой доступности в КПТС, связаны с пределами по вычислительной мощности контроллеров и устройств, организующих уровень передачи, а также емкости памяти и буфера; задержкой между типами устройств контроллер-контроллер и контроллер¬коммутатор; ростом трафика в канале связи.

- Сформулирована задача оптимизации доступности при существующих ограничениях по вычислительной мощности контроллеров, ёмкости памяти и буфера для управления множеством виртуализированных узлов и множеством линий связи. Обоснована методика оценки показателя доступности сети и каналов связи. Для повышения доступности сети предлагается два подхода: оптимизировать топологию КПТС для достижения максимума ИПД; повысить показатель доступности каналов связи за счет применения нового алгоритма управления потоком.

- Создан программно-аппаратный стенд в среде Mininet для проведения экспериментов, позволяющий формировать произвольные топологии SDN, осуществлять маршрутизацию потоков трафика на базе контроллера ONOS, а также производить расчет показателей доступности. Эксперименты позволили выявить существенные факторы воздействия на топологию в программно¬определяемых сетях с высокой доступностью. Выявлена зависимость влияния связей между устройствами и количеством устройств в сетевой топологии на интегральный показатель доступности сети. Исследование показало, что эффективным методом для улучшения этого показателя в сети с реактивным режимом обработки входящих потоков является увеличение количества связей между коммутирующими устройствами.

- Разработан алгоритм оптимизации топологии КПТС, основанный на последовательной реконфигурации топологии сетевых средств коммутации и маршрутизации по критерию максимума интегрального показателя доступности, что позволяет подстраивать топологию КПТС под изменяющиеся внешние условия и решаемую задачу. Экспериментальные исследования показали: оптимальная топология находилась каждый раз при многократном изменении начальной топологии; интегральный показатель доступности зависел в основном от текущей нагрузки сети и варьировался в диапазоне от 0,6 до 0,8, при этом выигрыш по сравнению с исходной топологией достигал 15%, а в ряде случаев до 22%. Наибольший эффект разработанный алгоритм показывает, когда при решении задачи задействовано много узлов.

- Разработан алгоритм планирования очередей передачи данных на

основе модификации известного подхода «иерархическое ведро маркеров» (HTB). Алгоритм позволяет обеспечивать минимально возможную задержку для приоритетных классов поддерживаемых сервисов, оптимизируя использование пропускной способности. Экспериментально выявлены факторы, влияющие на задержку передачи пакетов в HTB и позволяющих выполнять оптимальное планирование: контроль интенсивности входящего потока пакетов,

динамическое изменение пропускной способности канала относительно входящей интенсивности, оптимизация предоставления полосы для классов трафика относительно входящей интенсивности.