

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Чемерицкого Евгения Викторовича «ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 - математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Актуальность темы диссертации

Работа посвящена исследованию методов анализа конфигураций и управления поведением программно-конфигурируемых сетей (ПКС). ПКС – новый класс компьютерных сетей, главными особенностями которого являются разделение контуров передачи данных и управления передачей, а так же управление коммутационным оборудованием из единого центра – сетевой операционной системы.

К настоящему времени разработано несколько средств верификации конфигурации сети. Однако эти средства применимы лишь для проверки некоторого заранее определённого набора свойств, таких как отсутствие циклов маршрутизации и чёрных дыр. Возможность проверки прочих свойств, например, достижимости, либо не предусмотрена, либо требует модификации исходного кода.

Одной из наиболее важных задач прогнозирования характеристик соединения является задача построения верхней оценки для времени сквозной передачи пакетов данных. Существующие методы и средства построения таких оценок предназначены для использования в узкоспециализированных сетях либо обладают низкой точностью, что ограничивает их практическое применение.

Данная диссертация посвящена вопросам использования формальных методов контроля функционирования ПКС – проверке соответствия поведения требованиям политик маршрутизации. Решения этих проблем востребовано практикой и открывает возможности специфицировать и проверять свойства конфигураций оборудования, а также автоматизировать процедуры сетевого администрирования.

Эти аспекты исследования методов анализа конфигураций и управления поведением ПКС определяют актуальность диссертации.

Структура работы

Диссертация состоит из введения, двух глав, заключения, трёх приложений и списка литературы.

Первая глава посвящена исследованию свойств достижимости.

Здесь представлены результаты исследований методов и средств проверки соответствия правил передачи пакетов в сети требованиям политик маршрутизации.

Приводится обзор формальных языков, применяемых для описания свойств распределённых вычислительных систем: темпоральные логики CTL, LTL и CTL*, а также пропозициональное μ -исчисление.

Показано, что для описания статических свойств ПКС целесообразно использовать логику транзитивного замыкания $FO[TC]$, а для описания динамических свойств - темпоральные логики линейного времени LTL.

Проведён анализ формализмов, подходящих для построения модели ПКС. Предложено представлять правила обработки пакетов, реализованных текущей конфигурацией ПКС, отношениями преобразования булевых наборов, выражающих состояния пакетов в сети. Для представления таких отношений выбраны упорядоченные двоичные решающие диаграммы OBDD.

В результате разработаны статическая и динамическая модели ПКС. Статическая модель предназначена для описания сети коммутаторов с заданными таблицами правил OpenFlow. Динамическая модель ПКС предназначена для описания поведения контроллера.

Для спецификации политик маршрутизации построена трехуровневая иерархия языков. Язык первого уровня предназначен для описания свойств простейших элементов сети – состояний пакетов и шаблонов правил коммутации. Язык второго уровня описывает глобальные статические требования, которые представляют собой ограничения на отношения коммутации и маршрутизации. Математической основой языка является логика первого порядка, расширенная оператором транзитивного замыкания. Язык третьего уровня предназначен для описания динамических требований к поведению ПКС.

Показано, что задача проверки соответствия конфигурации ПКС заданным требованиям политик маршрутизации сводится к задаче проверки выполнимости описывающих эти требования формул языка второго уровня на множестве отношений, моделирующих ПКС.

Приведены результаты экспериментов, доказывающие практическую значимость разработанных средств.

Вторая глава содержит результаты решения задачи получения верхней оценки для сквозной задержки передачи данных в сети. Данная задача относится к проблеме управления качеством сервиса в сети.

Рассматриваются модели интегрированных сервисов и дифференцированных сервисов для распределения сетевых ресурсов. Обосновано использование модели дифференцированных сервисов.

Для получения верхней оценки сквозной задержки и построения модели передачи пакета используется аппарат сетевого исчисления. Доказана теорема, позволяющая обобщить существующие алгоритмы оценки времени передачи пакетов на более широкий класс функций описания кривых нагрузки и сервиса, которые состоят из произвольного количества сегментов.

Предложено описывать семейство допустимых сценариев работы сети системой линейных неравенств. Выбор сценария, на котором достигается максимальная задержка передачи данных заданного потока, может быть проведён с помощью методов линейного программирования. Доказано, что в случае, если топология сети обработчиков представляется неориентированным ациклическим графом, то задача построения достижимой верхней оценки передачи данных по маршруту из n обработчиков сводится к решению $n-1$ системы линейных неравенств за полиномиальное время.

Результаты имитационного моделирования соответствуют теоретически полученным верхним оценкам времени передачи пакетов в сети.

Новизна научных положений и выводов диссертации определяется тем, что решена задача спецификации политик маршрутизации, выражающих свойства достижимости в пространстве состояний пакетов, разработаны математическая модель ПКС и алгоритм оценки для максимальной сквозной задержки при передаче пакетов через инфраструктуру сети.

Автором получен ряд новых научных результатов, к числу которых можно отнести следующие.

1. Разработан формальный метод для проверки соответствия конфигурации сети предъявляемым к ней политикам маршрутизации.
2. Предложен и обоснован метод для построения верхних оценок задержки при передаче потоков данных через инфраструктуру сети.

Практическая значимость результатов работы заключается в том, что использование полученных результатов обеспечивает основу для разработки новых методов и средств исследования свойств компьютерных сетей по их конфигурациям, а также позволяет снизить затраты на обслуживание сетей сетевыми администраторами.

Обоснованность и достоверность положений и выводов диссертации подтверждается соответствием теоретических и экспериментальных результатов, полученных на синтетических и реальных конфигурациях ПКС, в частности, магистральной сети кампуса Стэнфордского университета.

Недостатки диссертации

1. Не совсем удачной представляется структура диссертации. Она состоит из двух глав, посвященных решению двух основных задач работы: исследованию свойств достижимости и оценке задержки передачи пакетов. Следовало выделить постановки упомянутых задач и анализ состояния исследований в соответствующих областях в отдельные разделы или главы. Стил изложения больше соответствует монографии, а не диссертационной работе.

2. Отсутствует формальное обоснование использования логики первого порядка с оператором транзитивного замыкания $FO[TC]$ для определения свойств достижимости (раздел 1.4.4). Автор лишь констатирует «удобство» и «перспективность» логики «для описания разнообразных свойств достижимости» при исследовании статических свойств ПКС.

3. Не поясняется, почему во второй главе исследуется задача получения верхней оценки сквозной задержки передачи данных в сети как составляющая проблемы управления качеством сервиса. Известны и другие метрики качества сервиса. Они упоминаются в разделе 2.1.2, но автор останавливается лишь на одной, выше упомянутой.

4. Не ясно, что дает теорема 1 о принадлежности задачи верификации ПКС относительно замкнутых формул языка второго уровня к классу PSPACE-трудных, если автор в разделе 1.6 показывает, что она допускает «эффективное» практическое решение на основе реляционной модели ПКС.

Заключение

В диссертационной работе Чемерицкого Евгения Викторовича решены задачи исследования и разработки методов и средств для оценки свойств ПКС по известной конфигурации её компонентов и проверке соответствия этих свойств предъявляемым к ней требованиям политик маршрутизации.

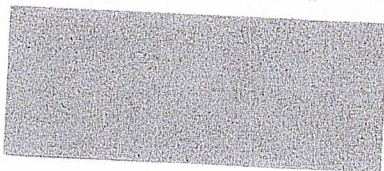
Отмеченные выше недостатки, в целом, не снижают высокого уровня работы.

Основные результаты диссертации полно отражены в публикациях автора, в том числе в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов ВАК РФ, а также в пяти работах, индексируемых системой Scopus.

Диссертация Чемерицкого Евгения Викторовича является законченной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой Вычислительной техники
Национального исследовательского университета «МЭИ»



В.В. Топорков

Подпись В.В. Топоркова заверяю:
Начальник управления кадров
Национального исследовательского университета «МЭИ»



Е.Ю. Баранова

Контактные данные:

Телефон: 8 (495) 362-71-45

Электронная почта: ToporkovVV@mpei.ru

Адрес: 111250, Москва, Красноказарменная ул., 14.