

Голові спеціалізованої
вченої ради Д 64.052.09
61166, м. Харків,
пр. Леніна, 14

ВІДГУК

офіційного опонента

кандидата технічних наук, доцента Кирика Мар'яна Івановича на дисертаційну роботу Іссам Саада на тему: «Моделі і методи аналізу та верифікації протоколів управління у програмно-конфігурованих мережах, що базуються на алгебрі комутаційних розподілених ресурсів та графах досяжності», подану на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Стрімке зростання обсягів трафіку і зміна його структури в сторону передачі відео, збільшення кількості мобільних користувачів і соціальних мереж, зростання рівня розвитку віртуалізації серверів і систем зберігання даних та надання хмарних сервісів змінюють вимоги до гнучкості і масштабованості інфокомунікаційних мереж, кількості та якості надання послуг. Традиційні мережі не відповідають швидкій динаміці розвитку сучасних інформаційних технологій. Вони є надто складними, що, в свою чергу, ускладнює їх масштабування і керування ними, знижує їх надійність.

За цих умов виникнення та розвиток концепції SDN (Software-Defined Network, програмно-конфігурованих мереж) визначає напрям еволюції мультисервісних мереж, оскільки концепція SDN дозволяє максимально адаптувати умови середовища передачі даних до вимог користувачів та надавати сервіси з гарантованою якістю обслуговування.

Головна ідея SDN полягає в розділенні функцій передачі трафіку та функцій управління, та винесенням управління на окрему програмно-апаратну платформу,

а управління трафіком відбувається на основі спеціальних протоколів (наприклад, OpenFlow).

Однак впровадження концепції SDN пов'язано з рядом труднощів, оскільки процеси розробки та подальшого ефективного функціонування мережевого обладнання, що підтримує протокол OpenFlow, не мають чітких, формально визначених правил.

Тому проблематика дисертаційної роботи Іссам Саада, яка присвячена вирішенню науково-прикладної задачі підвищення якості управління в програмно-конфігурованих мережах та пов'язана з розробкою нових та вдосконаленням існуючих методів аналізу та верифікації протоколів управління у програмно-конфігурованих мережах, що базуються на алгебрі комутаційних розподілених ресурсів та графах досяжності, є актуальною.

Загальна характеристика роботи.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків (акти впровадження). Загальний обсяг роботи становить 209 сторінок; основний зміст дисертації викладено на 173 сторінках. Перелік використаної літератури в дисертаційному дослідженні складається зі 157 найменувань.

У вступі подано загальну характеристику дисертаційної роботи, обґрунтовано всі основні її положення та подано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Викладено зміст наукової новизни отриманих результатів. Відзначено особистий внесок аспіранта, як автора дисертації, наведено його публікації і зазначено, де проводилася апробація результатів дисертації.

У першому розділі виконано аналіз архітектури SDN та протоколів, що забезпечують взаємодію її елементів, проведено порівняльний аналіз методів формального опису специфікацій та засобів аналізу коректності поведінки протоколу OpenFlow. Проведено огляд методів верифікації протоколів SDN.

У другому розділі представлено методи формалізації вимог специфікації протоколу OpenFlow і запропоновано використовувати алгебру комунікаційних

розподілених ресурсів. Для зменшення матеріальних витрат перевірки здійсненості функціональних і не функціональних вимог запропоновано проводити на моделі протоколу. В якості апарату моделювання запропоновано використовувати E-мережі і проводити аналіз таких алгоритмічних властивостей, як обмеженість, досяжність, активність і безпека.

У третьому розділі запропоновано методику верифікації, яку засновано на модельному підході та перевірці відповідності послідовності зміни станів протоколу OpenFlow і, яка базується на класичному підході методу Model Checking. В рамках модифікації на етапі моделювання запропоновано використовувати апарат E-мереж. Наведено приклад реалізації запропонованого методу проведення верифікації.

У четвертому розділі проведено дослідження ефективності застосування розробленої методики аналізу та верифікації в процесі проектування протоколу OpenFlow та оцінку сумарного часу процесу верифікації та кількості виявлених помилок, наведені результати експериментальних досліджень.

У висновках сформульовані основні результати дисертаційної роботи.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи.

Вперше запропоновано метод перевірки та пошуку протиріч в рамках специфікації протоколу OpenFlow шляхом послідовного порівняння формалізмів вимог специфікації, який за рахунок використання операторів алгебри комунікаційних розподілених ресурсів, як засобу формалізації процесів та подій, дозволяє враховувати як структурні, так і кількісні характеристики протоколу, що аналізується.

Вперше впроваджено застосування керуючих переходів E-мереж для моделювання функціональних властивостей протоколу та використання кількісних значень атрибутів переходів у процесі функціонування, що дозволило підвищити ступінь деталізації моделей та розширити множину моделюючих станів.

Набули подальшого розвитку методи аналізу алгебраїчних властивостей E-мереж. Новизна полягає в розробці алгоритму побудови дерева досяжності моделі

Е-мережі, що дозволило виявляти можливі цикли та підцикли у процесі функціонування протоколів управління.

Вперше розроблено метод верифікації протоколу OpenFlow, який дозволяє виконати як часткову перевірку на основі шаблонів, так і повну перевірку, уникаючи при цьому ефекту «комбінаторного вибуху» простору досліджуваних станів та запропоновано алгоритм побудови контрприкладу на основі аналізу дерева досяжності.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, висновків та рекомендацій, викладених в дисертаційній роботі забезпечено за рахунок коректного використання апробованих математичних підходів, їхньою несуперечністю з основними, раніше відомими положеннями теорії телекомунікаційних систем, перевіркою теоретичних результатів шляхом імітаційного моделювання на ПЕОМ, а також практичними результатами, які відображені в актах впровадження.

Публікації та апробація результатів дисертаційної роботи

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 8-ми наукових працях, 6 з яких опубліковані в наукових фахових виданнях України, дві статті – в міжнародних наукових виданнях. Також опубліковано 5 тез доповідей на міжнародних науково-технічних конференціях та форумах, що проходили в Україні, в тому числі публікації, проіндексовані в наукових базах IEEE. Опубліковані праці повністю висвітлюють основні результати дисертації, які також пройшли всебічну апробацію.

Практична цінність положень, результатів та висновків дисертаційної роботи.

Практичну цінність мають отримані в процесі дисертаційного дослідження наукові результати, які забезпечують підвищення продуктивності та якісних показників роботи мультисервісних телекомунікаційних систем. Запропоновані в дисертаційній роботі методи та підходи можуть бути використані при розробці систем мережевого управління. Практична значимість результатів роботи

підтверджена результатами їх результативного впровадження у виробництві та НДР. Крім того, результати роботи використанні в навчальному процесі Харківського національного університету радіоелектроніки.

Відповідність дисертації до встановлених вимог.

Оформлення дисертації відповідає вимогам до дисертаційних робіт. Матеріал дисертації викладено послідовно та логічно. Автореферат дисертації повністю відповідає змісту дисертаційної роботи, висвітлює всі отримані результати, сформульовані висновки та запропоновані рекомендації. Стиль викладення матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття. Структура дисертації роботи узгоджується з її назвою, метою і завданням дослідження.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У пункті 1.3, що передбачає огляд методів аналізу коректності, наведено лише методи моделювання програмно-конфігурованих мереж та не подано порівняльного аналізу методів, що використовуються для подальшого аналізу.

2. В дисертаційній роботі увага автора приділена здебільшого протоколу OpenFlow, а не SDN мережі в цілому. Таким чином, наведений перелік помилок стосується здебільшого протоколу OpenFlow. Аналіз помилок, що виникають під час використання інших протоколів, наприклад протоколу OF-Config, відсутній.

3. У розділі 3 автором зазначено, що у випадку виявлення циклічних процесів при функціонуванні протоколу OpenFlow використовується подвійний пошук у глибину, але не наведено жодного прикладу його використання.

4. У розділі 3 не в повній мірі розкрита необхідність використання декількох сценаріїв процесу верифікації. Наприклад, не зрозуміло, коли слід використовувати часткову верифікацію на основі шаблонів.

Проте зазначені зауваження не змінюють загальної позитивної оцінки і практичної цінності дисертаційної роботи.

Загальна оцінка дисертації та висновки.

1. Дисертаційна робота є закінченою науковою роботою та представляє собою наукове дослідження, в якому успішно розв'язана актуальна наукова задача

розробки та вдосконалення методів аналізу та верифікації протоколів управління у програмно-конфігурованих мережах, що базуються на алгебрі комутаційних розподілених ресурсів та графах досяжності.

2. Структура дисертаційної роботи є обґрунтованою, за змістом робота відповідає вимогам Паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі, а автореферат відображає зміст і основні положення дисертації.

3. За своїм змістом, рівнем наукової новизни, практичною цінністю, апробацією та публікаціями дисертаційна робота “Моделі і методи аналізу та верифікації протоколів управління у програмно-конфігурованих мережах, що базуються на алгебрі комутаційних розподілених ресурсів та графах досяжності” відповідає вимогам пп. 9, 11, 12, “Порядку присудження наукових ступенів”. Автор дисертації, Іссам Саад заслуговує присудження наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри телекомунікацій
Національного університету “Львівська політехніка”

М. І. Кирик

Підпис доцента Кирика М.І. засвідчую
Вчений секретар
Національного університету “Львівська політехніка”



Р. Б. Брилинський