

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мутханны Аммара Салех Али «Разработка и исследование комплекса моделей и методов интеграции граничных вычислений в сетях связи пятого и шестого поколений», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

В настоящее время в мире и в России в рамках процессов цифровой трансформации ведутся активные работы по формированию мероприятий, позволяющих обеспечить реальное развитие и внедрение сетей связи пятого поколения – 5G, а в последующем и шестого – 6G. При этом речь не идет о полной замене существующих технологий, а о дальнейшем развитии и дополнении новыми технологиями. Ожидается, что внедрение новых сетей 5G (6G) позволит подключить к ним существенно больше управляемых устройств. При этом очень важным параметром будет являться на порядок более высокая скорость передачи данных и низкое энергопотребление по сравнению с широко распространенными в настоящее время сетями мобильной связи поколений 3G и 4G стандартов.

Важную роль в достижении глобального покрытия в сетях связи шестого поколения (6G) будет играть интеграция спутниковых, воздушных, наземных и морских сетей, что позволит обеспечить высокую степень доступности и надежности даже в случае стихийных бедствий. Пользовательские устройства смогут беспрепятственно получать доступ к наземным и иным базовым станциям. Для обеспечения оптимальной производительности и обработки данных на локальном уровне широкое распространение получают мобильные граничные вычисления и граничные вычисления с множественным доступом (multi-access edge computing, MEC), которые позволят сместить вычислительные ресурсы от централизованного расположения ближе к пользователю, тем самым обеспечивая гибкость с точки зрения развертывания и эксплуатации сетевых услуг, а также улучшение качества обслуживания (например, за счет снижения задержки).

В связи с изложенным, тема диссертации Мутханны Аммара Салех Али, посвященной разработке и исследованию комплекса моделей и методов интеграции граничных вычислений в сетях связи пятого и шестого поколений,

представляет как теоретический, так и практический интерес и безусловно является актуальной.

К наиболее значимым научным результатам, полученным автором, можно отнести следующие:

- Разработан метод построения мультиконтроллерной программно-конфигурируемой сети (software defined network, SDN), базирующийся на метаэвристическом (вследствие сложности решаемых задач) алгоритме и алгоритме балансировки нагрузки, что позволяет повысить эффективность использования ресурсов контроллеров.
- Разработаны модель и метод интеграции граничных вычислений в структуру сети «воздух-земля» для сетей интернета вещей высокой и сверхвысокой плотности, в котором процедура выгрузки трафика является трехуровневой, причем на конечных устройствах используется программный профилировщик, определяющий сложность вычисляемой задачи, а по результатам его работы механизм принятия решения определяет необходимость выгрузки трафика.
- Предложен метод построения сети с интеграцией технологий MEC, SDN и прямой связи между устройствами (device-to-device, D2D) для поддержки беспилотного автотранспорта (vehicular ad hoc network, VANET).
- Предложен метод размещения контроллеров в мультиконтроллерных сетях SDN, который предусматривает размещение контроллеров на мобильных узлах сетей VANET (например, автобусах) для обеспечения связи в плотных и сверхплотных сетях связи 6G.

В автореферате приведены корректные постановки задач исследований, которые соискатель успешно решает с использованием математических методов теории массового обслуживания, теории оптимизации, теории вероятностей, а также метаэвристических алгоритмов и имитационного моделирования. Необходимо также отметить, что основные результаты представлены в автореферате достаточно обоснованно с использованием большого числа понятийных иллюстраций в виде схем, таблиц и графиков (всего 34 рис.).

Результаты диссертации широко представлены в целом ряде научных публикаций (всего 137 опубликованных работ), включая 24 статьи в изданиях из перечня ВАК Министерства науки и высшего образования РФ и 87 статей

в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science (WoS). Наряду с этим следует отметить также апробацию результатов диссертации на ряде представительных Международных и Всероссийских конференциях.

Судя по автореферату, а также списку научных публикаций соискатель является известным специалистом в проблематике мобильных сетей на основе новых технологий.

Вместе с тем, как следует из рассмотрения автореферата, диссертация не лишена недостатков. Так, представляется необходимым отметить следующие из них:

1. Как известно, в настоящее время в России функционируют мобильные сети нескольких поколений (2G, 3G, 3,5G, 4G). Однако в диссертации не рассмотрены проблемные вопросы переходного периода к сетям 5 и 6 поколений с учетом существующих сетей.
2. Известно, что развитием сетей связи поколения 5G в мире активно занимаются целый ряд компаний (китайская Huawei, Samsung (Южная Корея), Qualcomm (США), Ericsson (Швеция), Verizon (США), AT&T (США), Nokia (Финляндия) и другие). При этом крупнейшие игроки мирового рынка мобильной связи, прежде всего, Qualcomm и Huawei, предлагают свои концепции будущих сетей. Однако в диссертации анализ мирового опыта в этой области не приведен.
3. Представляется, что диссертация могла только выиграть, если бы положения, выносимые на защиту (особенно п.п. 3 и 5), были сформулированы более кратко и конкретно.
4. В автореферате (с.8) указано, что результаты диссертации внедрены в ПАО «Гипросвязь» и ФГУП «НИИР», акты о внедрении представлены в приложении к диссертации. Вместе с тем, представляет интерес в рамках каких этапов работ (НИР, ОКР) какие конкретные результаты реализованы.

Дополнительно следует отметить и несколько замечаний редакционного характера.

Так, в тексте автореферата несколько раз встречается расшифровка SAGSIN как «Space-Air-Ground-Sea». Наверное, было бы достаточно расшифровку этой аббревиатуры ввести один раз, при первом появлении в тексте.

Кроме того, в тексте автореферата (на рис. 2 и 3) не определены топологии, пронумерованные от 1 до 15 и отложенные на оси абсцисс, а на рис. 6 не указано, в каких единицах измеряется «Пороговое время отклика» и «Общее время использования».

Приведенные недостатки, тем не менее, существенно не влияют на в целом положительную оценку диссертации.

Вывод. Как следует из рассмотрения автореферата, диссертация на тему «Разработка и исследование комплекса моделей и методов интеграции граничных вычислений в сетях связи пятого и шестого поколений» является законченной научной квалификационной работой, в которой решена важная научная проблема разработки комплекса моделей и методов интеграции граничных и туманных вычислений в сетях связи пятого и шестого поколений. Основные результаты диссертации обладают научной новизной и представляют практическую ценность для мероприятий в интересах развития перспективных сетей связи. Таким образом, рецензируемая диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор, Мутханна Аммар Салех Али, заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Академии криптографии РФ

А.А. Зацаринный

Организация: Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление» Российской академии наук
<http://www.frccsc.ru>

Адрес: 119333 г. Москва, ул. Вавилова, д.44, корп. 2

Тел. +7(499) 135-62-60

E-mail: frccsc@frccsc.ru

Подпись А.А. Зацаринного заверяю
и.о. научный секретарь ФИЦ ИУ РАН
д.т.н. В.Н. Захаров
13» 11 2023 г.