

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Алзагира Аббас Али Хасана на тему «Исследование моделей трафика для сетей связи пятого поколения и разработка методов его обслуживания с использованием БПЛА», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

В сетях связи пятого и последующих поколений получила развитие концепция интегрированных сетей связи Космос – Воздух – Земля – Море SAGSIN (Space – Air – Ground – Sea Integrated Networks), включающая вопросы совместного использования ресурсов наземной и воздушной сети с использованием технологий программно-конфигурируемых сетей SDN (Software-Defined Networks), граничных вычислений MEC (Mobile Edge Computing) и беспилотных летательных аппаратов UAV (Unmanned Aerial Vehicles). Эффективное использование совокупности данных технологий при реализации современных и перспективных услуг Интернета Вещей IoT (Internet of Things), Тактильного Интернета TI (Tactile Internet) и Дополненной реальности AR (Augmented Reality) требует проведения соответствующих предметных исследований. Принимая во внимание то обстоятельство, что вопросы совместного использования технологий SDN, MEC и UAV для обслуживания гетерогенного трафика IoT, TI и AR до настоящего времени подробно не исследовались, тематика диссертационного исследования представляется весьма актуальной.

Судя по автореферату, диссертация содержит следующие *результаты, обладающие научной новизной*:

1. В отличие от известных моделей трафика была предложена модель, в которой к трафику Интернета Вещей и трафику Тактильного Интернета добавляется трафик дополненной реальности. При этом было установлено, что вероятность потерь пакетов для трафика AR больше, чем для трафика IoT и меньше, чем для трафика TI, а входящий агрегированный поток трафика IoT, TI и AR является самоподобным с параметром Херста  $H = 0,7$ .

2. Разработан метод построения сети с использованием БПЛА, в котором элементы программно-конфигурируемых сетей полностью реализованы на БПЛА, отличающийся от известных тем, что уровень передачи данных реализован на группах БПЛА, объединенных в кластеры и выполняющих функции коммутаторов сети SDN, а уровень управления реализован на отдельных привязных БПЛА, выполняющих функции контроллеров сети SDN. При этом каждый из контроллеров взаимодействует с головным узлом своего кластера БПЛА, предусмотрено также взаимодействие контроллеров между собой.

3. Разработан алгоритм кластеризации для группы БПЛА на основе метода  $k$ -средних, позволивший найти рациональные координаты для размещения контроллеров, отличающиеся от исходных на величину до 100м в квадрате 1км на 1км.

4. Разработан метод выгрузки трафика с наземной сети на БПЛА, отличающийся от известных тем, что выгрузка может быть осуществлена как непосредственно на БПЛА,

так и на БПЛА, оборудованный ретранслятором для передачи информации на граничный и/или облачный сервер наземной сети.

5. Разработан алгоритм выгрузки трафика для предложенного метода, основанный на алгоритме динамического программирования, использующего расстояние Хэмминга в качестве критерия для завершения своей работы и определены значения задержки для выбора размера группы БПЛА, при котором задержка для выгрузки трафика с наземной сети на группу БПЛА будет меньше, чем в случае использования БПЛА как ретранслятора для граничного/облачного сервера.

К практическим научным результатам следует отнести возможность использования результатов работы для планирования сетей связи, а также в процессе обучения студентов и аспирантов по профильным специальностям.

Материалы диссертационного исследования в полном объеме отражены в публикациях автора. По теме работы опубликовано 12 работ, из них 3 статьи в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК Министерства высшего образования и науки Российской Федерации, 5 статей в рецензируемых изданиях, входящих в международные базы данных SCOPUS и WoS (Q2), 4 работы в журналах и сборниках конференций, включенных в РИНЦ.

По автореферату имеются следующие замечания:

1. На рисунках 3–6 зависимости, показанные кривыми разных цветов и типов линий, следовало бы обозначить в явном виде, как на рисунках 11–15.
2. Из таблиц 3 и 4, а также рисунков 8 и 9 осталось непонятно, почему задача моделирования траекторий БПЛА анализировалась на плоскости, а не в пространстве.

Однако отмеченные недостатки не являются принципиальными и не снижают ценности полученных автором результатов. Судя по автореферату, диссертация «Исследование моделей трафика для сетей связи пятого поколения и разработка методов его обслуживания с использованием БПЛА» является законченной научно-квалификационной работой, в которой присутствуют научная новизна и практическая ценность. Считаю, что работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемых к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Алзагир Аббас Али Хасан, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Доцент кафедры информатики  
Кандидат технических наук, Доцент



Ковтуненко А.С.

Организация: ФГБОУ ВО УУНиТ, <https://uust.ru>

Адрес: ул. Заки Валиди, д. 32, Уфа, 450076

Тел.: (347) 229-96-16

Email: rector@uust.ru

