

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Направление подготовки/профиль: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника / 05.13.01 Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность, информационные технологии)

Школа: Инженерная Школа Информационных Технологий и Робототехники

Отделение: Информационных Технологий

**Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
Разработка алгоритмов с использованием метода неортогонального множественного доступа (NOMA) для беспроводных сетей

УДК: **004.421:004.73**

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A7-36	Хан Рабиа		26.05.2021

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОИТ	Ким Валерий Львович	Д.т.н.		26.05.2021

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой – рук. отделения на правах кафедры	Шерстнев Владислав Станиславович	К.т.н.		26.05.2021

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор НОЦ АИТ	Джаякоди Арачшиладж Душанта Налин Кумара	Ph.D		26.05.2021

Томск – 2021 г.

## **Объект исследования**

Неортогональный множественный доступ (NOMA) в беспроводных системах связи поколения 5G и B5G для обеспечения надежности приема-передачи данных и высокого качества услуг для Интернета вещей (IoT) с помощью системного моделирования, оптимизации Лагранжа и машинного обучения на основе генетического алгоритма.

## **Предмет исследования**

Разработка алгоритма снижения помех и сложности системы для неортогонального множественного доступа (M-NOMA).

## **Цель работы**

Модернизация существующего алгоритма NOMA путем разработки нового алгоритма с использованием ортогональности, основанной на цифровой модуляции сигнала. Разработанный алгоритм и системные модели должны обеспечить снижение вычислительной сложности (что необходимо для устранения помех на приемнике), увеличение пропускной способности, повышение энергоэффективности, сбор радиочастотной энергии, оптимизацию скорости передачи данных и задержки, конфиденциальность и т. д.

## **Научная новизна**

1. Новый алгоритм неортогонального множественного доступа NOMA (M-NOMA) на основе модуляции, предназначенный для улучшения существующего алгоритма NOMA.
2. Разработанный алгоритм M-NOMA используется для оценки производительности системы по сравнению с обычным NOMA с различными системами и сценариями.
3. Математическое выражение частоты ошибок в символах получено для предлагаемого алгоритма и сравнивается с существующим базовым выражением частоты ошибок символов для квадратурной модуляции.
4. Разработаны различные системные модели для изучения предлагаемого алгоритма M-NOMA.
5. Разработанный алгоритм реализации конкретной системной модели дополнительно оптимизирован с оптимизацией Лагранжа в современной системе связи.
6. Оптимизация генетического алгоритма машинного обучения используется для внедрения интеллекта в систему и обеспечения ее совместимости с системой IoT. Другой алгоритм компонента-форварда предназначен для полной дуплексной беспроводной системы связи в современной беспроводной системе связи.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ВЫВОДЫ**

Технологии NOMA являются особенно привлекательными вследствие высокой спектральной эффективности, которая может быть достигнута путем устранения ортогональности, используемой существующими технологиями для разделения доступного

спектра для предотвращения помех. Удаление такой ортогональности вызывает помехи, которые могут быть удалены с использованием SIC, выполняемых на приемнике в NOMA. Количество SIC увеличивает вычислительную сложность обычной системы NOMA. В этом тезисе мы предложили новую технику под названием M-NOMA. В предлагаемой методике мы попытались устранить основные помехи в UL и DL NOMA, введя ортогональность в стадии подготовки сигнала вместо включения ее в спектр. Было показано, что предлагаемый метод эффективен для снижения SER, вычислительной сложности, помех и улучшения скорости передачи данных для системы пользователей по сравнению с обычным NOMA.

В целях улучшения спектральной эффективности NOMA в этом тезисе были предложены два алгоритма для уменьшения высокой сложности вычислений помех и приемников:

1. M-NOMA для полудуплексной связи и
2. In-band Component-forward communication (связь типа компонент-форвард) для полного дуплексного общения.

Ортогонально модулированные пользователи в M-NOMA приводит к сравнительно меньшему числу помех и меньшим сложностям в передаче сигнала. Снижение требований SIC в конце приемника из-за минимальных помех делает систему менее сложной. Сформулированный протокол является эффективным и простым решением для преодоления определенных недостатков и улучшения системного отклика. Предлагаемая M-NOMA использует ортогональный характер созвездия QPSK и кодирует ближайших и более удаленных пользователей на реальных и воображаемых компонентах созвездия QPSK. В предлагаемом M-NOMA количество SIC на каждом принимающем конце пользователя может быть сокращено с помощью предложенного механизма благодаря сравнительно небольшому количеству помех. Для дальнейшей разработки предлагаемого алгоритма были использованы различные инструменты, такие как базовая оптимизация Лагранжа, генетический алгоритм машинного обучения с несколькими системными моделями для различных сценариев. Результат моделирования показывает, что M-NOMA улучшает SER, скорость передачи данных, уменьшает задержку, помехи и вычислительную сложность. Расширение совместной связи M-NOMA, т.е. CM-NOMA, еще больше повышает производительность системного уровня по сравнению с традиционной настройкой C-NOMA.

Для связи IBFD эксперимент с M-NOMA будет продолжен, чтобы исследовать новый алгоритм - кооперативное сообщение по схеме компонент-форвард. Алгоритм компонента-форварда также способствовал эффективности системы по сравнению с обычными системами. Наряду с основной целью минимизации помех и вычислительной сложности, предлагаемые алгоритмы позволяют оптимизировать:

- Скорость передачи данных и пропускной способности,
- Число ошибок в символах,
- Энергоэффективность,
- Конфиденциальность,
- Вероятность отключения секретности,
- Задержку и
- Сбор радиочастотной энергии.