

«М.А.Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары–19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110-летию М.А. Гендельмана». - 2023.- Т.1, Ч. V.- С. 136-137.

**УДК 621.396**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ 5G**

*Александровский Ю.В. магистрант 1 курса  
Казахский агротехнический исследовательский университет им.  
С.Сейфуллина, г. Астана*

Проблема увеличения спектральной эффективности и повышения количества абонентов в перспективных системах связи 5G в настоящее время активно рассматривается во всем мире. В системах связи поколений 3G, 4G и 5G эта проблема решается, как правило, спомощью использования технологии MIMO и ортогональных методов многопользовательского доступа (OMA). Одним из таких методов является, например, многопользовательский доступ с помощью ортогонального частотного мультиплексирования (OFDMA), а также многопользовательский доступ с помощью кодового разделения каналов (CDMA). Однако, к перспективным системам 5G предъявляются настолько высокие требования по вопросу уровня спектральной эффективности, помехоустойчивости и емкости, что ортогональный доступ OMA уже не способен предоставить требуемую емкость системы связи при заданной помехоустойчивости и спектральной эффективности. Поэтому рассматривается использование неортогональных методов многопользовательского доступа (NOMA). В случае применения для сигналов NOMA классической теории корреляционного приема, то помехоустойчивость системы связи будет очень низкой. Для методов NOMA необходим синтез новых сигналов и новых алгоритмов приема, так как классическая линейная теория корреляционного приема не применима. Кроме того, требуется найти новые критерии данного синтеза, учитывающие вычислительную сложность демодуляции сигналов. На рисунке 1 представлено расширение ключевых показателей от LTE-A (Long Term Evolution Advanced – улучшенный вариант стандарта мобильной связи LTE) до 5G

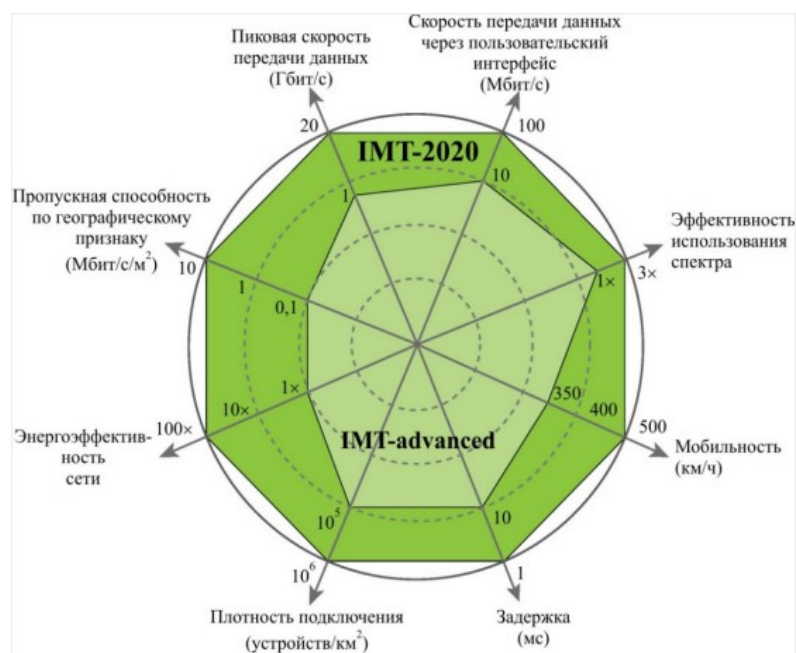


Рисунок. 1 Расширение ключевых показателей от LTE-A (LongTermEvolutionAdvanced – улучшенный вариант стандарта мобильной связи LTE) до 5G

Основное направление исследований, ставящих целью создания систем 5G – поиск абсолютно новых алгоритмов приема с сравнительно более низкой вычислительной сложностью и исследование соответствующих новых сигналов, прием которых представляется возможным осуществить с минимально возможными потерями в помехоустойчивости с использованием как можно более простых алгоритмов. Требование применять именно простые алгоритмы приема обусловлено повышенными требованиями по скорости передачи информации в системах 5G[1]. Повышение спектральной эффективности может быть достигнуто путем применения новых сигнально - кодовых конструкций (СКК) на основе неортогональных сигналов FTN (англ. Faster-Than-Nyquist Signaling) и F-OFDM (англ. Fast Orthogonal Frequency-Division Multiplexing) и неортогональных методов доступа, а именно NOMA (англ. Non-Orthogonal Multiple Access) и SCMA (англ. Sparse Code Multiple Access). С помощью данных методов спектральную эффективность систем беспроводной связи 5G представляется возможным улучшить в 3-5 раз в сравнении с существующими на данный момент системами мобильной связи 4G.

По сравнению с технологиями, основанными на применении ортогонального множественного доступа, NOMA предлагает абонентам следующие преимущества:

- 1) Спектральная эффективность NOMA является наивысшей среди методов множественного доступа благодаря применению технологии SIC при одновременном обслуживании множества пользователей в едином частотно-временном пространстве.

2) Применение NOMA вкупе с технологией MIMO увеличивает пропускную способность сети в 25-50 раз относительно систем 4G.

3) Поскольку нет временного разделения абонентских каналов NOMA позволяет снизить задержку передачи в радиоинтерфейсе до значений менее 1 мс, т.к. пользователь не должен ждать обслуживания, а может начать передачу в любой момент времени параллельно с другими пользователями.

4) NOMA обеспечивает высокие значения показателей качества обслуживания QoS, благодаря гибкому управлению мощностью абонентских каналов в условиях влияния помех в беспроводной среде передачи данных, а также изменения расстояния, скорости движения мобильных абонентов, сложных рельефов местности и атмосферных явлений[2].

Технология Massive MIMO предоставляет возможность иметь одновременно высокую спектральную эффективность и высокую энергетическую эффективность системы связи беспроводной связи пятого поколения. Теоретически сигналы, передаваемые как на линии «вниз», так и на линии «вверх» различных абонентов в системе Massive MIMO практически ортогональны, что позволяет серьёзно снизить уровень помех между сотами, а также внутри отдельной соты. Важно отметить, что на пути к практическому применению в системах 5G технологии Massive MIMO имеется немало проблем. К их числу относятся проблемы создания алгоритмов оценки параметров канала MIMO, учета свойства взаимности канала MIMO, организации работы обратного канала и др. В системах беспроводной связи пятого поколения планируется применять на базовой станции антенные решетки системы Massive MIMO, содержащие как минимум 128 антенных элементов[3].

#### Список использованной литературы

1. Бакулин М.Г., Крейнделин В.Б. Проблема повышения спектральной эффективности и емкости в перспективных системах связи 6G[Текст] //Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Том 14. №2. С. 25-31.

2. Ихсанова М.А. Сигнально-кодовые конструкции для сетей 5G[Текст]//Вестник Казахско-Британского Технического Университета, №3 (50), 2019. С. 174-178.

3. Гурский С.М., Баев В.А., Дьяков А.В. Анализ и основные технологии стандарта мобильной сети пятого поколения[Текст] //Современные наукоёмкие технологии, №4, 2020. С. 201-209.