

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Хорова Евгения Михайловича на диссертацию Ермолаева Григория Александровича на тему «Разработка и исследование методов повышения энергоэффективности и помехоустойчивости систем мобильной широкополосной связи пятого поколения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

1. Актуальность темы диссертации.

Технологии связи пятого поколения используют более широкие полосы радиочастот по сравнению с технологиями четвертого поколения. При увеличении полосы пропускания частотного канала пропорционально растет вычислительная нагрузка на все цифровые модули системы связи 5G, что приводит к увеличению энергопотребления пользовательского оборудования и оборудования базовых станций. Энергоэффективность непосредственно влияет на время автономной работы пользовательского устройства. Кроме этого, использование более широкого частотного канала пропорционально увеличивает мощность собственных шумов приемника приводит к существенному уменьшению отношения сигнал/шум и к снижению помехоустойчивости. Представленная диссертация Г.А.Ермолаева рассматривает оба негативных последствия уширения полосы и посвящена разработке и исследованию методов повышения энергоэффективности и помехоустойчивости систем связи 5G, что в свете вышесказанного является актуальной темой.

2. Характеристика содержания диссертационной работы, степень её завершенности и качество оформления.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложения с актом внедрения. Полный объем диссертации составляет 126 страниц. Работа содержит 53 рисунка, 23 таблицы. Список литературы содержит 60 источников.

Во введении описываются ключевые характеристики диссертационной работы, приводится актуальность, ставится цель и задачи, формулируется объект и предмет исследования, указывается теоретическая и практическая значимость работы, основные положения, выносимые на защиту, а также иные характеристики диссертационной работы.

В первой главе работы автор вводит основные сценарии использования систем связи пятого поколения, а также описывает методы повышения энергоэффективности и помехоустойчивости мобильных устройств в системах связи четвертого поколения. Далее автор выделяет недостатки этих методов и определяет возможные направления по их усовершенствованию и разработки новых методов.

Во второй главе диссертации решается задача по улучшению методов энергосбережения пользовательского оборудования, доставшихся системам связи пятого поколения от четвертого поколения. Представлены схемы энергосбережения, основанные на адаптации схемы прерывистого приема к поступающему трафику данных за счет использования специализированных сигналов пробуждения пользовательского оборудования и его перехода в режим сна. Эффективность представленных методов проанализирована путем моделирования систем связи пятого поколения на системном уровне на основе системной модели, сценариев моделирования и моделей трафика, соответствующих требованиям консорциума 3GPP.

В третьей главе решается задача снижения порога помехоустойчивости систем связи пятого поколения. Представлен комплекс методов по уменьшению вероятности блоковой ошибки при передаче данных в восходящем канале (от пользовательских устройств к базовой станции), для пользователей, находящихся на границе соты. Описан новый тип мультислотовой передачи данных по восходящему каналу связи, основанный на охватывании передаваемым блоком данных нескольких слотов. Таким образом более эффективно используется ограниченная мощность передатчика мобильного устройства пользователя. Также представлен новый тип выбора бит из кодовой

последовательности, позволяющий дополнительно понизить порог отношения сигнал/(шум+помеха), при котором возможна успешная передача данных по восходящему каналу связи при использовании новой мультислотовой схемы, а также описан улучшенный шаблон межсотовой перестройки частоты, который удобно использовать для новой схемы передачи данных. При использовании представленного шаблона возможна более точная оценка канала между базовой станцией и мобильным устройством.

В четвертой главе автор решает задачу по компенсации нелинейных искажений, возникающих на стороне передатчика, путем прямого статистического анализа символов принятых данных для оценки искажения и использования этих оценок в процессе демодуляции и декодирования. Решение данной задачи представленным методом позволяет избежать дополнительных энергозатрат пользовательским мобильным устройством на предварительную компенсацию нелинейных искажений при передаче данных в полосе частот, увеличенной при переходе от систем связи четвертого поколения к системам пятого поколения.

В заключении сформулированы основные научные и практические результаты диссертационной работы.

Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с принятыми для научных квалификационных работ нормами и требованиями. Автореферат адекватно и в полной мере отражает основные научные результаты и положения, сформулированные в тексте диссертации.

3. Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность результатов, полученных в диссертации Ермолаева Григория Александровича, подтверждается использованием для численного моделирования общепринятых сценариев и моделей, описанными международным консорциумом 3GPP, а также представленными в диссертации.

Всего по теме диссертации написано восемь работ и подано семь заявок на международные патенты, из которых, по крайней мере, два получено к моменту подачи диссертации. Из научных работ четыре статьи опубликованы в

рецензируемых научных журналах, входящих в перечень изданий, рекомендуемых ВАК, две работы опубликованы в сборнике докладов конференций, рецензируемых в международных базах данных SCOPUS и Web of Science, две работы опубликованы в сборниках докладов конференций, включенных в РИНЦ.

Новыми научными результатами являются:

1. Методы улучшения энергосбережения в системах связи пятого поколения, использующие сигналы «пробуждения» пользовательского оборудования и перехода в «режим сна».

2. Новая схема передачи данных по восходящему каналу связи, используемая совместно с предложенным улучшенным шаблоном межслотовой перестройки частоты, использование которых позволяет снизить порог отношения сигнал-шум-помеха (ОСПШ) на 2 дБ ниже существующего порогового значения, при котором возможна успешная передача данных по восходящему каналу связи.

3. Метод борьбы с нелинейными искажениями сигнала, вызванными на передатчике пользователя, отличающийся прямой статистической обработкой символов принятых сигналов на стороне приемника.

4. Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы заключается в исследовании моделей потребления энергии мобильным устройством при работе в сетях связи пятого поколения, сценариев моделирования, моделей трафика и каналов связи, разработанных консорциумом 3GPP для моделирования систем связи пятого поколения на системном и физическом уровнях. Самостоятельную теоретическую значимость имеет исследование моделей нелинейных искажений и методов их компенсации.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в возможности использования результатов работы при создании устройств связи, работающих по стандарту New Radio систем связи пятого поколения. Фактически значительная часть результатов внедрена в стандарт систем связи пятого

поколения релизов New Radio Release 16-17.

5. Замечания по содержанию и оформлению диссертации.

1. Во второй главе не раскрыто влияние конфигураций циклов DRX (и их параметров) в использующейся схеме прерывистого приема на выигрыш в энергосбережении мобильного устройства от предложенных методов для различных моделей трафика.

2. В третьей главе не в полной мере обоснован выбор новой мультислотовой схемы передачи данных. Также непонятно, как учитывается изменение мощности передатчика при использовании одного или нескольких ресурсных блоков (изменяется ли спектральная плотность мощности передаваемого сигнала?).

3. В четвертой главе следовало бы более подробно описать тип передаваемого сигнала, а также указать типы сигналов, для которых возможно использование предложенного метода адаптации к нелинейным искажениям передаваемых сигналов.

4. Автором допущена досадная неточность. Из текста диссертации может создаться ошибочное мнение, что соискатель уже получил семь международных патентов по теме диссертации. В действительности, часть заявок на патенты все еще находятся на рассмотрении. На момент написания отзыва соискателем были получены, по крайней мере, два патента:

- Европейский патент EP3949540B1. Physical Downlink Control Channel Based Wake Up Signal (описывает метод из главы 2);
- Патент США US11902963B2. Coverage Enhancement for Physical Uplink Control Channel Transmissions in New Radio (описывает метод из главы 3).

Приведенные замечания не снижают научную ценность результатов диссертационной работы и не влияют на ее положительную оценку.

6. Заключение.

Диссертация Ермолаева Григория Александровича на тему «Разработка и исследование методов повышения энергоэффективности и помехоустойчивости систем мобильной широкополосной связи пятого поколения» является


законченной научно-квалификационной работой, выполнена под руководством доктора физико-математических наук, профессора, Мальцева Александра Александровича и содержит решение научной задачи по повышению энергоэффективности и помехоустойчивости систем мобильной широкополосной связи пятого поколения. Диссертация соответствует пунктам 2, 7 и 18 паспорта специальности 2.2.15 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Автореферат адекватно отражает содержание диссертационной работы и ее основные результаты.

Работа соответствует критериям, предъявляемым в отношении кандидатских диссертаций, которые установлены пп. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), а ее автор Ермолаев Григорий Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 - Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

07.06.2024

Ведущий научный сотрудник,
руководитель лаборатории
беспроводных сетей,
доктор технических наук



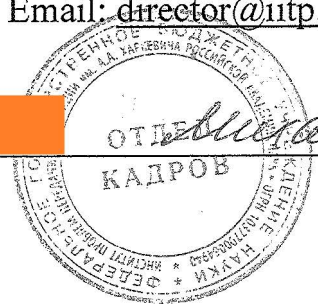
Хоров Евгений Михайлович

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской
академии наук (ИППИ РАН).

Почтовый адрес: 127051, Россия, г. Москва, Большой Каретный переулок, д.19
стр. 1.

Телефон: +7 (495) 650-42-25. Сайт: www.iitp.ru. Email: director@iitp.ru

Подпись Хорова Е.М. заверяю



Е.М. Хоров