

ОТЗЫВ

официального оппонента Гребешкова Александра Юрьевича, д.т.н., доцента,
на диссертационную работу Кандауровой Екатерины Олеговны
«Разработка метода интеллектуальной перестройки рабочих частот в системах
когнитивного радио», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства
телекоммуникаций

Общая характеристика работы. Представленная диссертация содержит 147 страниц текста с рисунками и таблицами, списком использованных источников из 147 наименований. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Автореферат соответствует диссертации и достаточно полно раскрывает её содержание.

Актуальность темы диссертационного исследования

Беспроводные сети связи широко применяются во всех отраслях хозяйства и в непромышленной сфере и оказывают существенное влияние функционирование экономики и жизнь граждан. Интенсивное развитие беспроводных сетей объективно создало предпосылки к необходимости повышения эффективности использования доступного радиочастотного спектра и частотно-энергетических ресурсов радиоканалов при условии обеспечении требуемого качества приема и передачи данных в заданных условиях помеховой обстановки и распространения радиоволн.

Существующие объективные и субъективные причины, приводящие к ограничениям использования полос радиочастотного спектра, обуславливают необходимость разработки подходов к распределению радиочастотного спектра и к использованию радиоканалов. В этой связи, концепция когнитивного радио является одним из перспективных направлений обеспечения эффективности использования радиочастотного спектра, поскольку, не являясь службой радиосвязи, позволяет развивать новые модели радиодоступа в различных диапазонах без использования конкретных частотных присвоений и выдачи лицензионных разрешений. Основой техники когнитивного радио является организация динамического доступа к

Вход. № 32/24
« 08.04.2024 г.
подпись

радиочастотному спектру, позволяющая временно использовать доступный свободный каналный ресурс условным вторичным пользователем в то время, когда этот канал не занят первичным или лицензионным пользователем. Существенным условием является отсутствие помех работе первичного пользователя.

Начиная с 2000-х годов существует множество научных исследований по разработке методов динамического доступа к радиочастотному спектру, однако разработка подходов для решения поставленной научной задачи динамического управления доступом с использованием интеллектуальных методов анализа данных в настоящее время является новой в рассматриваемой предметной области. В этой связи тема диссертационная работа Кандауровой Е.О. является безусловно актуальной, поскольку предполагает разработку интеллектуального метода динамического доступа к частотному ресурсу, основанного на применении искусственных нейронных сетей для анализа данных мониторинга радиочастотного спектра, включая разработку необходимых алгоритмов и решений для повышения эффективности использования радиочастотного спектра путем обоснованного прогноза состояний каналов для когнитивного радио. Предложенный автором метод позволяет уменьшить время выбора к свободному каналному ресурсу для вторичного пользователя и снизить вероятность создания помех для первичных пользователей. При этом, разработанный соискателем метод полностью отвечает условию, при котором когнитивные сети связи рассматриваются как интеллектуальная надстройка, позволяющая использовать различные радиотехнологии для приема и передачи информации, существенно не изменяя принципы работы известных систем связи.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и результатов диссертационной работы подтверждается проведенными исследованиями, основанными на методах теории вероятностей, интеллектуального анализа данных, машинного обучения, имитационно-статистического моделирования. Натурные эксперименты и внедрение полученных результатов также подтверждают

обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научная новизна результатов

В диссертационной работе получены следующие **новые** результаты:

1. Разработан метод интеллектуальной перестройки рабочих частот в системах когнитивного радио, обеспечивающий предоставление вторичному пользователю доступа к радиочастотному спектру при заданной вероятности постановки помех первичному пользователю.

2. Разработан новый алгоритм оценки и формирования статистики занятости спектра, учитывающий условие априорной неопределенности при обнаружении сигналов первичного пользователя и динамическое изменение значения отношения сигнал/шум. Разработанный алгоритм позволяет повысить вероятность обнаружения сигналов первичного пользователя, тем самым уменьшая вероятность создания вторичным пользователем помех для первичного пользователя.

3. Разработан вычислительно эффективный алгоритм предоставления частотного ресурса вторичному пользователю. Данный алгоритм позволяет снизить время, затрачиваемое на осуществление предоставления доступа.

4. Разработан новый алгоритм прогнозирования состояния занятости спектра с использованием нейронных сетей, который обеспечивает повышение точности прогнозирования состояния спектра на 9% и снижает времени обучения при выполнении долгосрочного прогнозирования.

Достоверность результатов

Достоверность результатов, приведенных в диссертации, подтверждается аргументированностью и доказательностью предложенных алгоритмов. Математический аппарат применяется в диссертации корректно, а результаты, полученные с помощью аналитических расчётов, имитационного моделирования и натурального эксперимента согласованы.

Материалы диссертационной работы опубликованы в 9 печатных работах, из них 2 статьи в рецензируемых изданиях ВАК категории К2, 7 статей в изданиях,

проиндексированных в базах данных Web of Science и Scopus, получено 8 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Анализ трудов соискателя позволяет утверждать, что основные положения, выносимые на защиту, достаточно полно опубликованы. Также основные результаты по теме диссертации докладывались на международных конференциях.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы состоит в дальнейшем развитии управления, основанного на данных, с помощью метода интеллектуального предоставления доступа к частотному ресурсу для вторичных пользователей в системах когнитивного радио с применением искусственных нейронных сетей для обработки и обучения на данных мониторинга спектра в виде разреженной матрицы. Практическая значимость работы состоит прежде всего в возможности прогноза существования и последующего использования в системах когнитивного радио временно незанятых участков радиочастотного спектра, благодаря разработанным алгоритмам, апробированных на натуральных экспериментах с использованием реальных радиоустройств.

Все вышеуказанные результаты получены автором лично.

Замечания по диссертационной работе

1. Основные научные результаты диссертации получены на основании использования разреженной матрицы, отражающей результат мониторинга радиочастотного спектра в диапазоне 390-490 МГц в виде отметок занятости или незанятости радиоканала в бинарной форме. Однако существует вероятность, что для другого частотного диапазона указанная матрица может быть менее разреженной и полученный в диссертации выигрыш будет значительно меньше, чем указано в диссертации, поэтому следовало указать не только максимальные, но и минимальные оценки выигрыша по производительности алгоритма.

2. При использовании предлагаемого метода не указано, насколько стабильными будут результаты работы нейронной сети, т.е. в какой степени выходные данные нейронной сети остаются неизменными при изменении входных данных в определенной области значений, в частности при условно зашумленных

входных данных; аналогично следовало определить чувствительность нейронной сети по отношению к изменению входных данных.

3. Реализация предлагаемого метода осуществляется устройством SDR для базовой станции. Однако из текста диссертации не совсем ясно, имеется в виду базовая станция наземной подвижной радиосвязи либо речь идет о наземных беспроводных сетях передачи данных, например сети связи Интернета вещей.

4. В тексте диссертации при проведении имитационного моделирования для получения зависимости вероятности пропуска цели от отношения «сигнал–шум» автор не обосновал выбор количества экспериментов.

5. По тексту диссертации встречаются общеизвестные сведения, например на страницах 74-79 данные об архитектуре нейронной сети, которые без ущерба для содержания можно было заменить ссылками на источники информации, а раздел 3.4 в части рекомендаций по практической реализации метода следовало дополнить возможным перечнем видов, типов или стандартов сетей связи, которые могут применять разработанный метод.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что представленная диссертационная работа Кандауровой Екатерины Олеговны «Разработка метода интеллектуальной перестройки рабочих частот в системах когнитивного радио», в соответствии с п. 9 «Положения о присуждении ученых степени» (далее – Положение), является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, имеющей важное значение для развития отрасли связи, а именно повышение эффективности использования радиочастотного спектра путем интеллектуальной перестройки рабочих частот в системах когнитивного радио. Диссертационная работ написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, свидетельствует о личном вкладе автора в науку и соответствует п. 10 Положения. Содержание диссертации, результаты моделирования и экспериментов показывают, что полученные Кандауровой Е.О. результаты являются достоверными, имеют высокую

теоретическую и практическую значимость в силу приведенных практических результатов. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК категории К2 в виде двух научных статей, в научных изданиях, индексируемых международных базах данных, что соответствует п. 11,12,13 Положения. В диссертации имеются необходимые ссылки сторонние источники и авторов согласно п. 14 Положения. Замечания по диссертационной работе не снижают ценности научно-квалификационной работы.

Диссертационная работа Екатерины Олеговны полностью отвечает требованиям «Положения о присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года, № 842 (в действующей редакции). Соискатель Кандаурова Екатерина Олеговна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций.

Согласен с включением моих персональных данных в аттестационное дело соискателя Кандауровой Е.О. и их дальнейшей обработкой.

Официальный оппонент,

д.т.н., доцент

29.03.2024

Гребешков Александр Юрьевич

Сведения об авторе отзыва.

Гребешков Александр Юрьевич, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук по специальности 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций, доцент, профессор кафедры сетей и систем связи федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» (ФГБОУ ВО ПГУТИ).

Адрес организации: 443010, г. Самара, ул. Л. Толстого, д. 23

Тел.: 88463391197

E-mail: a.grebeshkov@psuti.ru

Подпись Гребешкова А.Ю. заверяю

