

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук Ермаковой Анастасии Всеволодовны на тему: «Повышение эффективности систем радиодоступа на основе циркулярных матриц многопозиционных линейных рекуррентных последовательностей» по специальности 2.2.13 — «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Диссертация А.В. Ермаковой посвящена актуальной научно-технической проблеме повышения эффективности систем радиодоступа за счёт применения альтернативных ортогональных базисов и алгоритмов ускоренной обработки сигналов.

В условиях быстрого роста трафика и ужесточения требований к энергоэффективности, задержкам и помехоустойчивости таких систем, поиск новых решений свободных от ограничений классического OFDM имеет высокую практическую значимость. На сегодня теория многозначных ЛРП недостаточно развита, и они не находят практического применения: отсутствуют таблицы нужных неприводимых примитивных полиномов, не исследованы свойства формируемых на их основе шумоподобных сигналов. Двоичные ЛРП (M-последовательности) активно обсуждались уже на рубеже 1950–1960-х годов. Тогда это объяснялось господством двоичной логики, элементов и вычислительных машин, с одной стороны, и технологическими трудностями реализации многофазных сигналов с другой. Однако современное развитие двоичных компьютерных технологий и квадратурных схем модуляции снимает принципиальные препятствия для внедрения многозначных псевдослучайных последовательностей в практику.

Практическая значимость работы не вызывает сомнений. Применение БПФ в базисе ВК с плавающей точкой обеспечивают снижение вычислительной сложности обработки сигналов в 2,1–3,5 раза по сравнению с классическим БПФ при размерностях до $N=2048$. Предложен вариант построения системы радиодоступа, обладающих низкой чувствительностью к доплеровским сдвигам частоты, позволяющий обеспечить стабильность синхронизации в условиях движения абонентов с постоянной скоростью до 500 км/ч (1400 Гц) и более, а также при ускорении до $30...50 \text{ м/с}^2$ при увеличении потребления ОЗУ лишь до 100 КиВ. Разработанный метод квазикогерентного разделения 2–3 лучей с точностью оценки фазы $5^\circ-7^\circ$ и задержки $\leq 0,1T$ обеспечивает энергетический выигрыш 3–5 дБ в многолучевом канале, приближая его характеристики к гауссовскому. Разработан новый способ подавления взаимных помех при одновременном использовании нескольких систем ортогональных сигнатур в общем радиоканале, позволяющий повысить пропускную способность пропорционально числу используемых систем за счет применения обобщенного БПФ.

Научную новизну составляют результаты исследования корреляционных

Вход. № 116/26
« 02. 06. 2026. »
подпись

свойств r -ичных ЛРП и впервые введенных автокорреляционных матриц ортогональных сигнатур на их основе. Установлено, что перемножение действительной и мнимой частей матрицы одной ЛРП дает нулевую матрицу, а перекрестное перемножение частей матриц разных ЛРП — ненулевую, что позволило разработать способ компенсации взаимных помех при совместном использовании нескольких систем сигнатур в общей полосе частот. Показано, что дискретный сигнал, при формировании которого используется r -ичная ЛРП максимального периода, может быть преобразован к любой функции ВК при перестановке его символов по возрастанию значений элементов мультипликативной группы расширенного поля Галуа, построенного по модулю неприводимого примитивного полинома, использовавшегося при формировании исходной ПСП. Установлено, что на основе вариантов сопровождающих матриц исходного полинома можно построить как минимум четыре мультипликативных группы поля. Показано, что мнимая часть 2D-автокорреляционной функции r -ичной ЛРП не имеет центрального пика, и при фазовом сдвиге пики появляются в обеих частях взаимнокорреляционной функции, соотношение уровней которых позволяет точно оценивать сдвиг фаз.

К работе имеется ряд замечаний:

1. В автореферате утверждается выигрыш по числу арифметических операций до 3,5 раз при $N=2048$, однако неясно, достигается ли этот выигрыш в реальной аппаратной реализации с учётом накладных расходов на передискретизацию, хранение коэффициентов и дополнительные операции слежения. Указанные в автореферате значения выигрыша «на практике» (3 раза вместо 3,5, 4 раза вместо 5) не сопровождаются описанием методики их получения.

2. Заявленное возрастание вычислительной сложности приёмного тракта в 2,3–3 раза при разделении 2–3 лучей требует дополнительного обоснования с точки зрения применимости в устройствах с ограниченными ресурсами энергопотребления и вычислительной мощности (устройства IoT, датчики, носимые модули). Кроме того, не указано, как меняется сложность при увеличении числа лучей более 3.

3. В части, посвящённой синхронизации многолучевых сигналов, рассматривается только синхронизация многопозиционных ЛРП, значимые результаты по этой проблеме касаются исключительно ускоренной синхронизации псевдослучайных последовательностей (ПСП). Было бы целесообразно привести обзор этих результатов.

Указанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Диссертация представляет собой завершённое научное исследование, соответствующее требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Соискатель А.В. Ермакова заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 — «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

Я, Котов Александр Владимирович, даю свое согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Ермаковой Анастасии Всеволодовны, и их дальнейшую обработку

25.05.2026



А.В. Котов

Котов Александр Владимирович

Кандидат физико-математических наук (специальность 1.3.19 – лазерная физика)

Научный сотрудник лаборатории лазерных ускорителей и астрофизической плазмы отдела нелинейной и лазерной оптики

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук»

Почтовый адрес: 603951, г. Нижний Новгород, ул. Ульянова, 46.

Тел.: +7 904 923 86 72, e-mail: kotov@ipfran.ru

ПОДПИСЬ Котова А.В.
УДОСТОВЕРЯЮ
ЗА ОТДЕЛОМ КАДРОВ

А.В. ГОРОДЕЦКАЯ



25.05.2026.

