

РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДЛЯ РАДИОЛИНИИ СТАЦИОНАРНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*Авдеенко Г. Л., ассистент, Якорнов Е. А., к.т.н., профессор
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

В настоящий момент основной тенденцией развития стационарных беспроводных телекоммуникационных систем (БТС), используемых на магистральных радиопропускных линиях, а также на «последней миле», является увеличение объёмов передаваемой информации при предоставлении пользователям различных инфокоммуникационных услуг (широкополосный доступ в Интернет, передача мультимедийной информации в реальном масштабе времени и. т. п.)

Относится указанная тенденция и к таким БТС как системы цифровой радиорелейной связи (ЦРРС), которые хорошо себя зарекомендовали при построении магистральных сегментов телекоммуникационных сетей различных операторов, в особенности между сетевыми узлами (базовыми станциями) в крупных мегаполисах в качестве альтернативы волоконно-оптическим линиям связи, развёртывание или аренда трактов которой обходится намного дороже, чем развёртывание линий ЦРРС.

Традиционное решение задачи повышения скорости передачи при ограниченности радиочастотного реверса на данный момент времени в системах ЦРРС обеспечивается преимущественно путём увеличения количества стволов без изменения вида модуляции либо использованием методов многопозиционной манипуляции цифровых сигналов, таких как *QAM-16*, *QAM-32*, *QAM-64*, *QAM-128*, *QAM-256*, без изменения полосы радиочастотного ствола. Последний подход, получивший на практике наибольшее распространение, обеспечивает высокую спектральную эффективность (по сравнению с *QPSK*), однако он, во-первых, предъявляет высокие требования к стабильности несущей частоты и фазовым шумам гетеродинов приёмно-передающих устройств ЦРРС, а во-вторых, требует большие отношения сигнал-шум на входе приёмных устройств ЦРРС (для ЦРРС с манипуляцией *QAM-64* $SNR_{min} = 33$ дБ) [1].

Кроме того, в настоящий момент в мире ведутся интенсивные исследования по созданию систем ЦРРС в миллиметровом и терагерцовом диапазонах, обладающих, во-первых, намного большей информационной ёмкостью, чем диапазон СВЧ, а во-вторых, меньшим уровнем естественных и искусственных помех.

Необходимо также отметить, что отечественными учёными в качестве одного из перспективных способов повышения помехоустойчивости дей-

ствуючих ліній ЦРРС при незмінному значенні довжини прольоту (постійному енергетическому потенціалі радіолінії) пропонується застосування способу комбінованої модуляції QAM-M/ЧМ, що дозволяє, во-перших, використовувати діючий парк ліній аналогової РРС для передачі цифрових потоків без зміни класу радіовипромінювання з мінімальною модернізацією передаючого і прийомного комплексів, во-других, забезпечити можливість збільшення дальності систем ЦРРС в 3...4 рази порівняно з ЦРРС, що використовують маніпуляцію QAM-64 за рахунок невеликого виможаного значення $SNR_{\min} = 10..12$ дБ на вході ЧМ демодулятора прийомника ЦРРС, в-третьих, забезпечити менш критичні вимоги до стабільності несучої частоти і фазовим шумам гетеродина і відносно високу спектральну ефективність. Однак все вищезазначене досягається за рахунок розширення смуги радіочастот в 3,5 рази: від 8 МГц при QAM-64 до 27 МГц при комбінованій модуляції QAM-64/ЧМ [2].

Таким чином, вищезазначене говорить про доцільність подальшого пошуку способів повторного використання виділених для стаціонарних БТС багатопозиційної маніпуляцією смуг радіочастот шляхом удосконалення існуючих методів селекції (просторової, поляризаційної, частотної, часової, амплітудної, кодової і т.д.) а також пошуку нових і використання відомих фізических ознак (властивостей) електромагнітної хвилі (ЕМВ), за якими на практиці можна здійснити розділення радіосигналів, одночасно використовують один і той же частотний ресурс, на прийомній стороні один від одного з мінімальними спотвореннями цих сигналів.

За думкою авторів, одним з перспективних фізических ознак ЕМВ, який може бути використаний для забезпечення повторного використання радіочастотного ресурсу, є відоме фізическе явище кривизни фазового фронту ЕМВ. В роботі [3] теоретично обґрунтована можливість застосування явища кривизни фазового фронту ЕМВ в БТС, однак не були отримані чисельні показники ефективності просторової обробки, про яку йдеться в доповіді.

Література

1. Ільченко М. Е., Нарытнік Т. Н., Ілюшко В. М. Використання методу комбінованої модуляції в мікрохвильових телекомунікаційних системах передачі даних // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. — 2009. — № 2 (36). — С. 71 — 77.
2. Нарытнік Т. Н., Семенко А. І. Використання двохуровневої модуляції КАМ-ЧМ в системі МІТРИС// Наукові записки УНДІЗ. — 2010. — №1(13) — С. 31 — 36.
3. Якорнов Є. А., Коломьцев М. О., Авдеєнко Г.Л., Лавриненко О.Ю. «Теоретический аналіз можливості застосування фізического явища кривизни фазового фронту електромагнітної хвилі в стаціонарних системах радіосв'язі сверхвысококачественного діапазона» // Вестник НТУУ «КПІ». Сер. Радіотехніка. Радіоапаратостроєння. — 2012. — № 48. — С. 84 — 96.