

# **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

**Домрачева Е.А., Казимиренко В.Я.,**

*Государственный университет телекоммуникаций e-mail:  
katyscha@ukr.net*

**Нарытник Т.Н.**

*НТУУ "КПИ" Институт телекоммуникационных систем, Киев  
E-mail: director@mitris.com*

*Аннотация – Дана предварительная оценка перспектив использования миллиметрового диапазона для передачи данных.*

## **ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF THE USE OF ELECTROMAGNETIC WAVES OF A MILLIMETRIC RANGE FOR DATA TRANSFER**

*Abstract — In this paper, a preliminary evaluation of the prospects of using millimeter band for data transmission.*

Доставка информации по беспроводным каналам передачи данных в цифровом формате часто выполняется с использованием радиорелейных линий (РРЛ). Требования к параметрам таких линий должны соответствовать ряду национальных и международных стандартов.

Такие линии передачи, во-первых, требуют реализации условия прямой видимости, а, значит, использования мачт, стоимость которых часто превышает стоимость оборудования станции, а во-вторых, повышение требуемой скорости передачи требует использования дополнительного частотного ресурса, который и так в настоящее время уже практически исчерпан.

Кроме того необходимость использования передачи на небольших (до 3км) расстояниях и при значительных скоростях передачи (до нескольких Гбит/с) [1, 2] как правило не позволяет реализовать условие прямой видимости, а дефицит частотного ресурса не позволяет обеспечить требуемое качество передачи.

Задачей, предложенной в данной работе, является анализ эффективности использования миллиметрового диапазона для передачи данных со скоростью более 1Гбит/с в прямом и обратном направлениях. При этом технология передачи должна обеспечивать качественную передачу также в условиях влияния эхо сигналов. То есть решается вопрос исчерпанности частотного ресурса и реализуется работа в условиях плотной городской застройки, что не требует высокого подъема антенн.

Решение проблемы компенсации отсутствия условия прямой видимости и исчерпанности лицензируемого частотного ресурса предлагается путем организации канала посредством использования приемно-передающего формирователя информационного потока для канала связи с повышенной спектральной эффективностью и пропускной способностью [3]. Этот

формирователь базируется на чипе Mikrotik R52nM, который позволяет получить скорость передачи в прямом и обратном каналах по 150Мбит/с и реализующий скорость до 1,2Гбит/с и поддерживающий стандарт 802.11.n.

Использование такого формирователя в качестве модема позволило спроектировать канал передачи данных в нелицензируемом частотном диапазоне (140 ГГц), полосой около 400МГц с многочастотной модуляцией OFDM и с каскадным кодированием, позволяющем максимально приблизиться к границе Шеннона.

Методика исследования заключалась в оценке потерь на трассе длиной 1км, оценке отношения С/Ш на входе приемника при модуляции 64QAM. Исследуемый частотный диапазон выбран 130...134 ГГц.

Выбранная длина канала связи и значения полученной скорости передачи могут использоваться как для обмена данными, так и для доставки высокоскоростного телевизионного контента. Слабая занятость частотного ресурса в диапазоне позволяет использовать ресурс практически на безлицензионной основе. Использование модуляции OFDM позволяет компенсировать искажения за счет переотраженных сигналов при незначительном увеличении отношения С/Ш – порядка 3...5дБ.

Минимальная позиционность модуляции - BPSK позволяет оптимизировать поток в зависимости от параметров приемного и передающего оборудования (мощность передатчика, ЭИИМ передающего тракта, ЭШТ входа приемника, добротность приемного тракта и других).

Предварительная оценка канала связи для передачи данных (BER не должен превышать  $10^{-6}$ ) выполнялась с учетом параметров указанного формирователя и ожидаемых характеристик приемного и передающего трактов в полосе передачи и приема 40МГц.

Оценку потерь на трассе в полосе 40МГц проводили сначала для свободного пространства, где потери составят  $L = (4\pi d/\lambda)^2$ , и оценкой требуемого запаса энергетике для компенсации реально присутствующих помех.

Так, для расстояния  $d=1000$ м потери в свободном пространстве составят 135дБ.

При этом в реализованном варианте мощность на выходе передатчика составила  $P_{\text{пер}} = 0,002$ Вт, полоса  $\Delta F = 40$  МГц, ЭШТ приемника составила  $T_{\text{ш}} = 1000$ К.

Равенство уровня сигнала и мощности шума на входе приемника реализуется при запасе энергетике, компенсирующем потери в свободном пространстве при всенаправленном облучателе.

При значении  $P_{\text{пер}} = 0,002$ Вт и дальности 1000м указанный уровень сигнала без учета усиления антенн составит около -160дБВт. Для обеспечения требуемого отношения С/Ш при модуляции 64 КАМ и используемом коде в канале превышение сигнала над шумом должно достигать около 23...25 дБ, то есть для расстояния 1000м нужно обеспечить уровень сигнала на входе приемника около -110 дБ/Вт. При суммарном усилении антенн 80 дБ на расстоянии 1км значение этого уровня мощности составит около минус

80дБ/Вт, т.е. имеем запас энергетике канала связи около 50 дБ. Этот запас потребуется для компенсации искажений в тракте (могут составить до 15дБ), потерь и искажений на трассе (около 10дБ). Таким образом, полученного запаса энергетике канала связи для полосы 40МГц в общем случае достаточно для компенсации указанных искажений.

На основании этого доклада можно сделать следующие выводы.

1. Исследуемый частотный диапазон достаточно перспективен в силу не исчерпанности ресурса, отсутствия требований по его лицензированию и практически отсутствию искажений на молекулярном уровне, ослабления требований в части подавления эхо сигналов.

2. Примененный формирователь позволяет создавать каналы передачи практически в любой части миллиметрового диапазона и при регулировании полосы и скорости передачи путем реконфигурации формирователя.

3. Анализируемый здесь канал передачи пригоден для доступа в Интернет, передачи высокоскоростных потоков данных.

4. Для передачи потока телевидения сверхвысокой четкости нужно разработать вариант протокола сжатия с поддержкой технологии аналогичной SPI в протоколе MPEG-2.

5. Для увеличения длины канала требуется разработка средств, позволяющих повысить энергетический потенциал канала передачи – мощность на выходе передатчика, мощность шума на входе приемного тракта или использовать модуляцию с меньшей позиционностью. Параметры антенн в этом диапазоне позволяют существенно повысить энергетике в системе, правда, при усложнении развертывания.

### **Литература**

1. M.Ye Ilchenko, T.N. Narytnik, A.I. Fisun, O.I. Belous. Terahertz range telecommunication systems /Telecommunications and Radio Engineering, 70(16):1477-1487 (2011).

2.Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н., Кузьмин С.Е., Радзиховский В.Н. Моделирование функциональных узлов радиорелейной системы терагерцового диапазона// Электронное научное специализированное издание – журнал «Проблемы телекоммуникаций».- №2 (11) .-2013.-с. 95-113.

3. Патент на корисну модель №,84923. Приймально-передавальний формувач інформаційного потоку для каналу зв'язку із підвищеною спектральною ефективністю та пропускною здатністю/Ільченко М.Ю., Наритник Т.М., Казіміренко В.Я. та інші, – опубл. 11.11.2013р. Бюл.№.21