

## ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАДИОЛИНИИ ДИАПАЗОНА 2,4 ГГц ПРИ ИСКЛЮЧЕНИИ ВЛИЯНИЯ МНОГОЛУЧЕВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Горелов Г.В., Маркачев С.А., Попов И.Л., Самойлов В.Е.

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)», Москва, Россия, ГСП-4, 127994 Москва ул. Образцова, д.9, стр. 9, e-mail: g.gorelov@mail.ru, link4-7@ya.ru, lalvama@mail.ru, samoilov.1992@list.ru*

Для организации сетей подвижной связи на производстве (в частности, на железнодорожном транспорте) часто используются сети общего пользования операторов сотовой связи, многие из которых используют технологии мобильной связи третьего поколения 3G (thirdgeneration), использующие пакетную передачу данных со скоростью до 3,6 Мбит/св диапазоне 2,4 ГГц. Для определения размеров зоны эстафетной передачи необходимо определять зависимость качества пакетной передачи от расстояния между мобильной и базовой станциями (дальности уверенной радиосвязи). Представляется актуальной задача определения дальности при использовании пакетной передачи в дециметровом диапазоне. В статье излагаются вопросы ее решения, основанные на результатах исследований, выполненных в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ). Главным отличием предлагаемых методов определения влияния параметров радиолинии диапазона 2,4 ГГц на дальность является отсутствие погрешностей, вносимых многолучевым распространением.

Ключевые слова: высокочастотная радиолиния, дальность уверенной радиосвязи.

## MEASUREMENT OF PARAMETERS OF THE RADIO LINE OF THE RANGE OF 2,4 GHz AT THE EXCEPTION OF INFLUENCE OF MULTIBEAM TRANSMISSION

Gorelov G.V., Markachev S.A., Popov I.L., Samoylov V.E.

*«Moscow State University of railway engineering (MIIT)» Moscow, Russia, GSP-4, 127994 Moscow, Russia, Obraztsov St., 9, p.9, e-mail: g.gorelov@mail.ru, link4-7@ya.ru, lalvama@mail.ru, samoilov.1992@list.ru*

For the organization of networks of mobile communication on production (in particular, in railway transport) public networks of mobile operators are often used, many of which use technologies of mobile communication of the third generation 3G (thirdgeneration), using a packet transmission of data with speed up to 3,6 Mbit / св the range of 2,4 GHz. For determination of the sizes of a zone of relay transfer it is necessary to define dependence of quality of a packet transmission on distance between mobile and basic stations (range of a sure radio communication). The problem of determination of range when using a packet transmission in the decimeter range is represented actual. In article the questions of its decision based on results of the researches executed at Moscow State University of means of communication (MIIT) are stated. The main difference of the offered methods of definition of influence of parameters of the radio line of the range of 2,4 GHz on range is lack of the errors brought by multibeam transmission.

Keywords: high-frequency radio line, range of a sure radio communication.

Для организации сетей подвижной связи на производстве (в частности, на железнодорожном транспорте) часто используются сети общего пользования операторов сотовой связи, многие из которых используют технологии мобильной связи третьего поколения 3G (third generation), использующие пакетную передачу данных со скоростью до 3,6 Мбит/св диапазоне 2,4 ГГц.

Из семейства стандартов 3G IMT-2000 (UMTS/WCDMA, CDMA2000/IMT-МС, TD-CDMA/TD-SCDMA, DECT и UWC-136), наиболее распространены стандарты: UMTS (или W-CDMA) и CDMA2000 (IMT-МС), основанные на технологии многостанционного доступа с кодовым разделением каналов – CDMA (CodeDivisionMultipleAccess) [5;8;9].

В сотовых сетях CDMA при эстафетной передаче мобильная станция непрерывно получает сигналы от базовых на одной несущей и момент эстафетной передачи определяется (в отличие от «жесткой» процедуры при TDMA) без возможных задержек в передаче и обрывов соединения.

Для определения размеров зоны эстафетной передачи необходимо определять зависимость качества пакетной передачи от расстояния между мобильной и базовой станциями (дальности уверенной радиосвязи).

Представляется актуальной задача определения дальности при использовании пакетной передачи в дециметровом диапазоне. В статье излагаются вопросы ее решения, основанные на результатах исследований, выполненных в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ). Главным отличием предлагаемых методов определения влияния параметров радиолинии диапазона 2,4 ГГц на дальность является отсутствие погрешностей, вносимых многолучевым распространением.

### **Проблема влияния многолучевости распространения при определении дальности уверенной радиосвязи в диапазоне 2,4 ГГц**

Вообще говоря, задача определения дальности при использовании пакетной передачи в дециметровом диапазоне рассматривалась и ранее с использованием результатов натуральных испытаний [2; 3; 6].

Результаты всех этих работ характеризуют большое среднеквадратическое отклонение значений мощности при каждом значении дальности, поскольку измерения проводятся при существенном проявлении эффекта многолучевого распространения, присущих натурным испытаниям.

Например, в работе [10], посвященной зависимости мощности излучения передатчика от мощности его энергопотребления, приведена зависимость оптимальной мощности излучения от дальности (рисунок 1).

Кривая на рисунке 1 построена для фиксированной мощности передачи 20дБм(100мВт). Отмечается, что при небольших значениях дальности оптимальная мощность передачи составляет 0дБм, что приводит к экономии в мощности излучения порядка 99 мВт.

Однако в работе [10] при определении оптимальной мощности излучения используют зависимость мощности принимаемого сигнала от дальности, полученную на основании результатов натуральных испытаний. Для уменьшения влияния эффектов многолучевого распространения результаты усредняются по набору 10-ти показаний. Тем не менее полученные оценки мощности имеют значительную дисперсию.

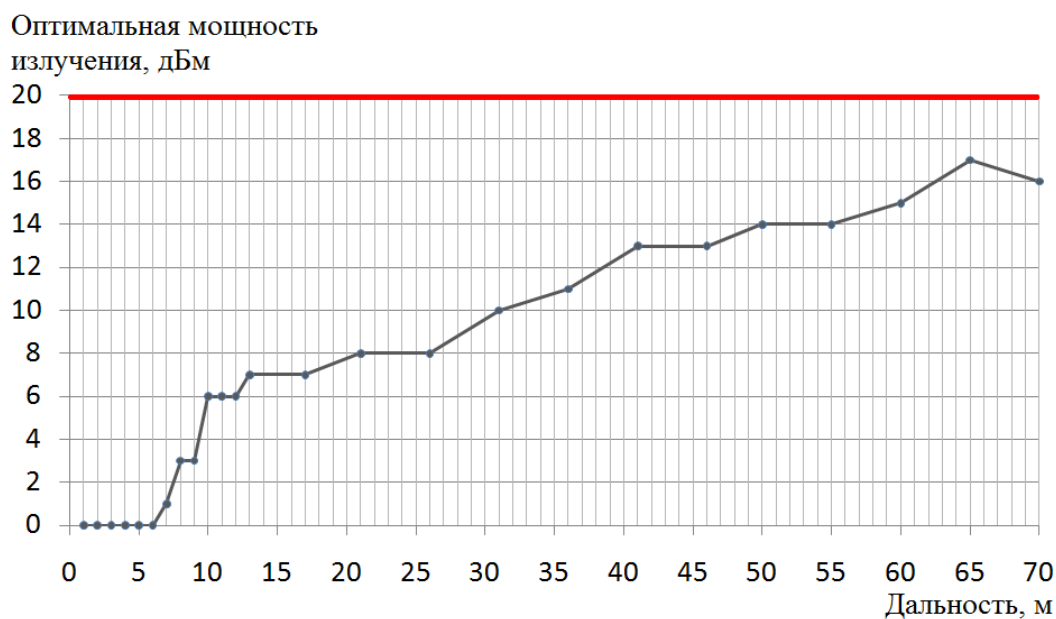


Рис.1. Зависимость оптимальной мощности излучения от дальности

Те же недостатки, связанные с погрешностями натуральных испытаний, присущи и в выполненных в МИИТе работах [2; 3], в которых приведены результаты зависимости от дальности связи  $L$  для стандарта RadioEthernet 802.11 – Wi-Fi(WirelessFidelity): искажения спектральной плотности мощности (СПМ) речевого сообщения и отношения сигнал/шум (ОСШ) (рисунок 2).

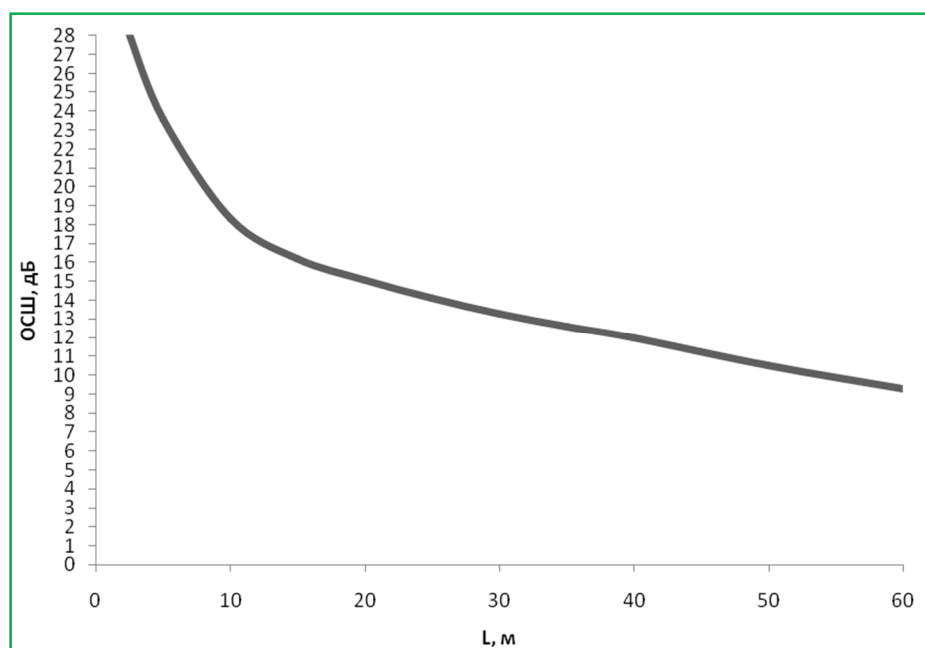


Рис.2. Зависимость ОСШ от дальности связи  $L$

Еще раз отметим, что приведенные ниже результаты свободны от погрешностей, вносимых многолучевым распространением.

**Критерии качества пакетной передачи с использованием радиолинии диапазона 2,4 ГГц**

При решении задачи определения зависимости качества радиолинии диапазона 2,4 ГГц от дальности радиосвязи необходимо выбрать критерий качества пакетной передачи речи с использованием радиолинии.

Очевидно, что оценка по критериям качества пакетной передачи речи будет более жесткой в контексте решаемой задачи по сравнению с использованием критериев качества пакетной передачи данных [2; 3; 6].

В роли критериев качества пакетной передачи речи используются:

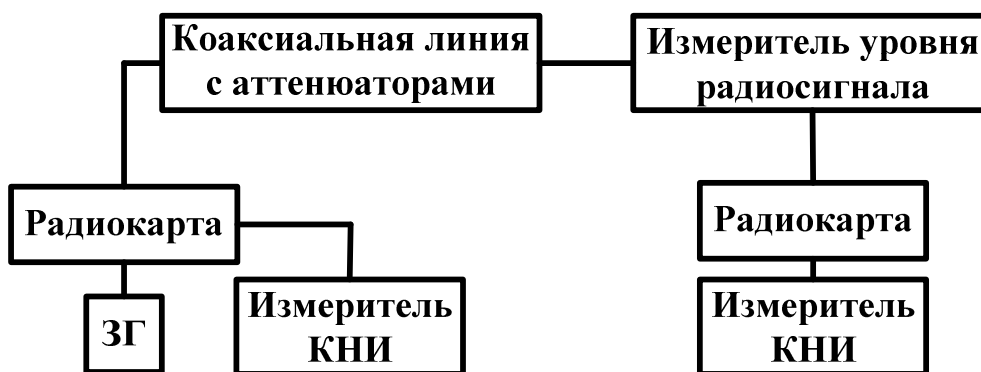
- степень искажения спектральной плотности мощности (СПМ) речевого сообщения [3; 4; 6-8];
- отношение сигнал/шум по мощности ОСШ, дБ воспроизводимого речевого сообщения и связанные с ним критерии слоговой разборчивости конкурирующие критерии MOS[4].

При измерении параметров радиоприемных устройств отношение сигнал/шум выходного сигнала измеряют методом «СИНАД», предполагающего использование измерителя нелинейных искажений.

Ниже в качестве критерия качества пакетной передачи речи используем разность значений коэффициента нелинейных искажений (КНИ) на входе и выходе радиолинии при подаче на ее вход испытательного сигнала частотой 1020 Гц.

#### **Схема измерений, исключая влияние многолучевости**

Исключение присущих натурным испытаниям погрешностей, вносимых многолучевым распространением, обеспечиваем соединением с помощью коаксиального кабеля радиокарт (по сути приемопередатчиков) передающей и приемной стороны (рисунок 3).



*Рис.3. Схема для проведения измерений*

Используем радиокарты стандарта RadioEthernet 802.11g (характеристики радиокарты YARKONIABX-501 приведены в таблице 1), задающий генератор, измерители КНИ, измеритель уровня радиосигнала, коаксиальная линия связи с набором регулируемых и дискретных аттенюаторов.

**Таблица 1**

Технические характеристики радиокарты YARKONIABX-501

Скорость передачи	2 Мбит/с
Тип модуляции	GFSK
Мощность передатчика	0дБм
Дальность связи для открытого пространства	50м
Дальность связи для полузакрытого пространства	30м
Дальность связи для закрытого пространства	10м

Для определения точного значения внесенного аттенуаторами затухания, используем измеритель уровня радиосигнала на входе приемной радиокарты. Задаем значения частоты сигнала, подаваемого на аудиовход передающей радиокарты – 1000 Гц и его уровня –0,78В; уровня радиосигнала на выходе передающей радиокарты 0дБм (1мВт).

### Результаты измерений

В таблице 2 представлены зависимости ОСШ и КНИ ( $K_{пр}$ ) на выходе приёмной радиокарты от затухания в коаксиальной линии при фиксированном значении  $K_{пер}=0,5$  % на выходе передающей радиокарты.

**Таблица 2**

Зависимости КНИ и ОСШ на выходе приёмной радиокарты от затухания в коаксиальной линии

Затухание, вносимое коаксиальной линией, дБ	Уровень сигнала на входе приемной радиокарты, дБм	Значения $K_{пр}$ и разностей КНИ, % и ОСШ, дБ			
		$K_{пр}$	абсолютная разность $K_{пр} - K_{пер}$	относительная разность $(K_{пр} - K_{пер})/ K_{пер}$	ОСШ
0	0	1	0,5	1	40
70	-70	1	0,5	1	40
80	-80	3,5	3	6	29,12
81	-81	4,5	4	8	26,94
82	-82	6	5,5	11	24,44
83	-83	10	9,5	19	20
84	-84	15	14,5	29	16,48
<b>85</b>	<b>-85</b>	<b>23</b>	<b>22,5</b>	<b>45</b>	<b>12</b>
86	-86	30	29,5	59	10,46
87	-87	50	49,5	99	6
88	-88	100	99,5	199	0

Следует отметить, что выделенные полужирным шрифтом значения при уровне сигнала на входе приемной радиокарты-85 дБм (ее чувствительности, см. таблицу 1), соответствуют условию измерения чувствительности ( $OSШ = 12$  дБ,  $K_{пр} = 25$  %), которое согласно ГОСТ 12252-86 для метода «СИНАД» вычисляется по формуле

$$OSШ = 20 \lg(100/K_{пр}) \quad (1)$$

Использование (1) предполагает ничтожными шумы при лабораторном определении чувствительности. Это предположение соответствует и условиям нашего эксперимента, что позволило привести в таблице 2 зависимость ОСШ от затухания, вносимого коаксиальной линией.

### **Заключение**

В работе рассмотрена процедура измерения параметров радиолинии диапазона 2,4 ГГц. Отличием предложенной методики является исключение погрешностей, вносимых многолучевым распространением и присущих методикам, основанным на натуральных испытаниях. Правильность выбранного критерия качества и корректность проведения эксперимента подтверждает практически полное совпадение с результатом измерения чувствительности радиокарты по методу «СИНАД».

### **Список литературы**

1. Горелов Г.В., Бахтиярова Е.А., Карпов А.В. Вероятностные характеристики речевого трафика // Мир транспорта. – 2007. – № 1. – С.22-25.
2. Горелов Г.В., Вин Хан, Житнов А.А. Мощность речевого сопровождения. Проверка расстоянием // Мир транспорта. – 2010. – Т. 31. – № 3. – С. 46-49.
3. Горелов Г.В., Житнов А.А., Вин Хан. Пакетная передача речи с использованием динамической беспроводной сети AD-HOC NETWORK стандарта 802.11 // Проектирование и технология электронных средств. – 2011. – № 3. – С. 24-25.
4. Горелов Г.В., Клепцов Г.И., Попов И.Л. Пакетная передача речи в сетях подвижной связи железнодорожного транспорта // Мир транспорта. – 2014. – № 3(52). – С. 50-55.
5. Горелов Г.В., Кудряшов В.А., Шмытинский В.В. и др. Телекоммуникационные технологии на железнодорожном транспорте. – М.: Желдориздат, 1999.
6. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н., Житнов А.А. Искажения энергетического спектра речевого сообщения при использовании технологии VOICEOVERWIFI // Телекоммуникации. – 2011. – № 1. – С. 10-12.

7. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н. Оценка качества обслуживания в сетях с пакетной передачей речи и данных // Вестник РУДН, серия Прикладная и компьютерная математика. – Т.2. – № 1. – 2003. – С. 23-31.
8. Горелов Г.В., Ромашкова О.Н., Чан Туан Ань. Качество управления речевым трафиком в телекоммуникационных сетях. – М.: Радио и связь, 2001.
9. Горелов Г.В., Фомин А.Ф., Волков А.А., Котов В.К., Ромашкова О.Н. Теория передачи сигналов на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 2013.
10. Sheth A., Han R. An Implementation of Transmit Power Control in 802.11b Wireless Networks. Department of Computer Science University of Colorado, Boulder, CU-CS-934-02.2002 – pp. 1-21.

**Рецензенты:**

Зыков В.И., д.т.н., профессор, профессор кафедры «Специальная электротехника, автоматизированные системы и связь» Академии ГПС МЧС России, г. Москва;  
Ромашкова О.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Прикладная информатика» ГБОУ ВПО «Московский городской педагогический университет», г. Москва.