

УДК 621.391

Н.П. Букин, Р.М. Полстянкин, И.А. Толкунов

Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН СТАНДАРТА IEEE 802.11 В ЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ 2,4 ГГц В ЛЕСНОМ МАССИВЕ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Рассматриваются вопросы оценки мощности и качества передачи радиоволн стандарта IEEE 802.11 в частотном диапазоне 2,4 ГГц в нормальных условиях распространения, а также в условиях рассеивания и поглощения при непосредственном прохождении радиоволн через лесной массив. Экспериментальным путем была определена зависимость мощности радиосигнала при увеличении расстояния между передатчиком и приемником радиоканала, а также плотности деревьев в смешанном лесу. Показано влияние пламени на мощность радиосигнала. Составлены графики зависимостей мощности радиосигнала с учетом помех.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, сигнал, радиоволны, передача информации, мощность сигнала, открытое пространство, лесной массив, пламя.

Вступление

Постановка проблемы. Интерес к исследованию распространения электромагнитных волн в лесных массивах традиционно остается велик, особенно в последние годы. Значительную актуальность такие исследования приобрели с развитием технологии передачи радиосигнала стандарта IEEE 802.11, работающего на частоте 2,4 и 5 ГГц. Это связано с тем, что лесные пожары наносят колоссальные экологические и экономические потери во всем мире и, в частности, в Украине. Так, в 1993 и 1998 годах в Ялтинском горно-лесном природном заповеднике возникли крупные пожары с уничтожением леса на площади 459 и 107 га соответственно [1]. В 2012 году на территории Украины в течение пожароопасного периода с апреля по октябрь произошло 1990 лесных пожаров на общей площади 3500 га, а в 2013 году – 806 лесных пожаров на площади 220 га [2]. Применение технологии IEEE 802.11 дает возможность быстрой передачи информации в реальном режиме времени таких, как видео, фото, биометрические данные сотрудников аварийно-спасательных подразделений, их местонахождения в зоне ликвидации чрезвычайной ситуации. Существенное влияние на условие распространения радиоволн и на работу всей радиосвязи в лесу в целом оказывает наличие растительности и почвопокровного настила. Радиоволны, проходя через лесные массивы, имеют свойство рассеиваться и поглощаться. Так как при этом уровень излучения убывает, то данный способ распространения эффективен на небольших дистанциях. Исследование ослабления радиоволн лесными покровами является предметом интенсивного изучения специалистами из различных стран. Эти исследования помогут проанализировать влияние леса на качество радиосвязи в целом.

Анализ последних исследований и публикаций. Анализ литературных источников показывает, что распространением радиоволн в лесном массиве занимались большое количество ведущих ученых. Первые исследования в области распространения радиоволн в лесном массиве проводились в сороковых годах двадцатого столетия, при этом было замечено, что уровень сигнала на открытой местности больше, чем в лесу [3]. В современном мире, в работе [4] были представлены результаты экспериментальных исследований влияния видовых и структурных свойств лесной растительности на особенности распространения в ней электромагнитных волн в метровом диапазоне. В научной статье [5] описываются результаты экспериментов, которые показывают существенное различие в изменении спектров импульсных сигналов при распространении в различных типах лесной растительности. В статье [6] показаны экспериментальные данные по ослаблению мощности радиоволн кронами отдельных деревьев, а также зависимости погонного ослабления на вертикальной и горизонтальной поляризациях для хвойных и лиственных деревьев в диапазоне частот 0,476 – 2,4 ГГц. В работе [7] проведен обзор электродинамических моделей и методов анализа распространения радиоволн в лесных массивах при различных частотах и расстояниях. В [8] приведены данные по ослаблению мощности радиоволн при имитации лесного пожара в лабораторных условиях, при этом на пламя горелки сыпали соли металлов, эмитируя этим горение листьев в лесу, которая содержит щелочи.

Основной материал

Постановка задачи и ее решение. Учитывая вышесказанное, заданием непосредственного научного исследования данной работы является экспериментальное и практическое выявление ослабления

мощности радиосигнала и передачи данных на открытой местности, а также в лесном массиве на различных расстояниях. Экспериментальная оценка ослабления сигнала проводилась в три этапа. Первая часть эксперимента состояла в замере мощности сигнала и пропускной способности канала на открытой местности на стадионе, при этом какие-либо помехи для прохождения сигнала отсутствовали (рис. 1). Замеры проводились с изменением дистанции каждые пять метров. Вторая часть эксперимента проводилась в лиственном (дубовом) лесу, средней плотности, при ровном рельефе с густо произрастающим кустарником. Высота деревьев в среднем равнялась 15 м, средний диаметр стволов – 0,3 м, кустарники высотой 2 м (рис. 2). Замеры проводились через каждые десять метров. Передатчик и приемник находились на высоте 1,2 м относительно поверхности земли и были оптимально направлены друг на друга. Третья часть эксперимента проводилась при воздействии на сигнал пламени огня, при этом расстояние между приемным и передающим устройством было равно 6 м.

В данной части эксперимента моделировался лесной пожар подстилающей поверхности (рис. 3).



Рис. 1. Проведение эксперимента по замеру ослабления мощности сигнала на открытой местности



Рис. 2. Проведение эксперимента по замеру ослабления мощности сигнала в лесном массиве

Передача данных проводилась по беспроводному каналу связи Wi-Fi IEEE 802.11 в частотном диапазоне 2,4 ГГц и мощностью сигнала 100 мВт при коэффициенте усиления антенны не более 6 дБ [9]. Измерение мощности сигнала проводился с помощью персонального компьютера, программным обеспечением Netmadedale версии 1.40.

Интенсивность сигнала измерялась в dBm и отображалась на осциллограмме, которая представляет собой график зависимости мощности приходящего сигнала на приемник от времени его прихода (рис. 4).



Рис. 3. Проведение эксперимента по измерению ослабления мощности сигнала при воздействии огнем

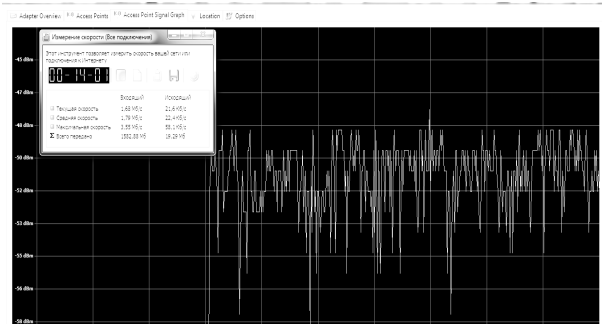


Рис. 4. Осциллограмма

На осциллограмме заметны пиковые значения мощности сигнала. Сигнал фиксировался, в среднем, 14 минут на каждом участке дистанции. Полученные таким образом результаты впоследствии усреднялись.

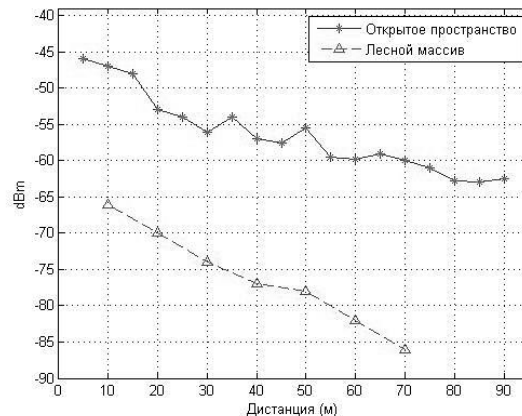


Рис. 5. График зависимости мощности сигнала от дистанции в различных средах

Анализ данных графиков, представленных на рис. 5, позволяет сделать следующие выводы.

Мощность сигнала при увеличении расстояния между передатчиком и приемником падает. На открытой местности на расстоянии 90 метров сигнал уменьшился на 15 dBm. Объем передачи информации колебался в диапазоне от 1,85 Мб/с до 1,65 Мб/с, и при увеличении расстояния объем уменьшался соответственно. В лесном массиве сигнал существенно ослаблен, это связано с прохождением сигнала через густой кустарник на первых де-

сяти метрах експеримента (рис. 2) и уже на 70 метрах сигнал становится значительно низким, подходя к пороговой чувствительности.

При воздействии пламенем на проходящий сигнал наблюдалось уменьшение мощности сигнала с $-46,7$ dBm до $-47,6$ dBm. Это, прежде всего, связано с тем, что в пламени, в результате химической реакции, образуются подвижные положительные ионы и отрицательные частицы – электроны [10]. Так, концентрация заряженных частиц в плазме пламени составляет 10^{12} ионов/см³ [11]. Данные частицы в свою очередь воздействуют на распространение и мощность сигнала.

Выводы

В работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния лесной растительности, а также пламени на особенности распространения, в данных средах, радиоволн стандарта IEEE 802.11 в частотном диапазоне 2,4 ГГц. Приведены экспериментальные данные ослабления радиосигнала при увеличении расстояния между приемником и передатчиком на открытой местности, а также в лесном массиве. Помимо расстояния, большее влияние на мощность радиосигнала оказывает наличие растительности и ее плотность. Учитывая, что в лесном массиве могут происходить чрезвычайные ситуации природного характера, такие как пожар, то потребовалось провести эксперимент по выявлению влияния пламени на распространение радиоволн в данной среде. Опытным путем было определено, что мощность радиосигнала уменьшается при воздействии на него пламени. Данные, полученные экспериментально, и приведенные в статье, могут применяться для организации радиосвязи в частотном диапазоне 2,4 ГГц стандарта IEEE 802.11 при ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. Дальнейшие исследования целесообразно направить на изучение электродинамических моделей распространения радиоволн в лесном массиве, стандарта IEEE 802.11 в частотном диапазоне 2,4 ГГц, а также улучшения передачи информации беспроводной связи критического применения с помощью пространственно-временной обработки сигнала.

Список литературы

1. Охрана лесов от пожаров: Официальный сайт Государственного комитета по лесному и охотничьему хо-

зяйству АР Крым [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rescomles.nmng.net/rus/index.php?v=5&tek=16par=5>.

2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013 році. – К.: УНДЦЗ, 2014. – 542 с.

3. Доржиев Б.Ч. Электродинамические свойства лесных сред в диапазоне ультракоротких волн: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.03 „Радиофизика” / Доржиев Б.Ч. – Т., 1993. – 19 с.

4. Басанов Б.В. Метод определения эффективной диэлектрической проницаемости лесного полога / Б.В. Басанов, А.Ю. Ветлужский, В.П. Калашиников // Радиоэлектроника. – 2010. – № 4.

5. Ветлужский А.Ю. Широкополосное радиосвечение растительных покровов лесной поверхности / А.Ю. Ветлужский, В.П. Калашиников // Вестник СибГАУ. – 2013. – №5. – С. 126-128.

6. Гранков А.Г. Экспериментальные спектральные зависимости погонного ослабления радиоволн деревьями в ДМ диапазоне / А.Г. Гранков, О.А. Дьяконова, А.А. Мильшин, А.А. Чухланцев, Ж.Г. Язерян // Труды LVIX научной сессии, посвящ. Дню радио, т.1 (Москва, 19-20 мая 2004 г.) – М.: РНТО РЭУС им. А.С.Попова, 2004. – С. 149-151.

7. Пермяков В.А. Электродинамические модели распространения радиоволн в лесу. II Всероссийские Арmandовские чтения [Электронный ресурс] / В.А. Пермяков // Радиофизические методы в дистанционном зондировании сред. Матер. V Всерос. научной конф. (Муром, 26-28 июня 2012 г.) – Муром: МИ ВлГУ, 2012. – С. 264-270. Режим доступа: http://www.mivlgu.ru/conf/armand2012/pdf/S2_17.pdf.

8. Dissanayake C.M. Dept. of Civil & Environ. Eng., Univ. of Melbourne, Parkville, VIC, Australia. The signal propagation effects on IEEE 802.15.4 radio link in fire environment / C.M. Dissanayake, M.N. Halgamuge, K. Ramathanarao, B. Moran, P. Farrell // Information and Automation for Sustainability (ICIAFs), 2010 5th International Conference on. Date 17-19 Dec. 2010. – Colombo, Sri-Lanka. – P. 411-414.

9. Рішення № 914 від 06.09.2007. Про затвердження Переліку радіоелектронних засобів та випромінювальних пристроїв, для експлуатації яких не потрібні дозволи на експлуатацію. – ДП Український державний центр радіочастот. – [Електронний ресурс] – Режим доступа к ресурсу: <http://www.ucrf.gov.ua/uk/doc/nkrz/1196068874>.

10. Степанов Е.М. Ионизация пламени в электрическом поле / Е.М. Степанов, Б.Г. Дьячков. – М.: Металлургия, 1968. – 312 с.

11. Суворов Д.В. Механизмы воздействия электромагнитной энергии на пламя / Д.В.Суворов, М.А. Кочеева // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – Ч.1, №5; материалы VI Межд. студ. электронной научной конф. «Студенческий научный форум 2014». – М.: ИД «Академия Естествознания», 2014. – С. 182-184.

Поступила в редколлегию 16.10.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Н.И. Адаменко, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков.

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ СТАНДАРТУ IEEE 802.11 В ЧАСТОТНОМУ ДІАПАЗОНІ 2.4ГГЦ У ЛІСОВИХ МАСИВАХ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОГО СТАНУ

М.П. Букін, Р.М. Полстянкін, І.О. Толкунов

Розглядаються питання оцінки потужності і якості передачі радіохвиль стандарту IEEE 802.11 в частотному діапазоні 2.4 ГГц в нормальних умовах поширення, а також в умовах розсіювання і поглинання при безпосередньому проходженні радіохвиль через лісовий масив. Експериментальним шляхом була визначена залежність потужності радіосигналу при збільшенні відстані між передавачем і приймачем радіоканалу, а також щільності дерев у змішаному лісі. Показано вплив полум'я на потужність радіосигналу. Складені графіки залежностей потужності радіосигналу з урахуванням перешкод.

Ключові слова: надзвичайний стан, сигнал, радіохвилі, передача інформації, потужність сигналу, відкритий простір, лісовий масив, полум'я.

**FEATURES WAVE PROPAGATION IEEE 802.11 STANDARD IN THE FREQUENCY RANGE 2.4 GHz
IN A WOODED AREA AT LIQUIDATION OF EMERGENCY**

N.P. Bykin, R.M. Polstiankin, I.A. Tolkunov

The problems of power estimates and quality of transmission of IEEE 802.11 radio waves in the frequency range of 2.4 GHz to normal distribution, as well as in terms of dispersion and absorption of the direct radio wave passing through the forest. Experimentally by determining the dependence was the radio signal strength by increasing the distance between the transmitter and the receiver of the radio channel, and the density of trees in a mixed forest. Shows the effect of the flame on the radio signal. A schedule dependencies radio signal strength based interference.

Keywords: *emergency, signal radio, transmission of information, signal strength, open space, forest, flame.*