

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

© 2020 Ю. П. Преображенский, Ю. Л. Чупринская, Н. Е. Кравцова

Воронежский институт высоких технологий (Воронеж, Россия)

В данной работе проводится анализ основных характеристик, полезных в ходе проектирования беспроводных систем связи.

Ключевые слова: связь, беспроводная система, канал, сигнал, распространение радиоволн.

Один из важных моментов, необходимых для проектирования систем беспроводной связи – это знание характеристик беспроводного канала.

Канал связи – система технических средств и среда распространения сигналов для передачи данных от источника к получателю. В случае использования проводной линии связи, средой распространения сигнала может являться оптическое волокно или витая пара, при использовании атмосферы, ионосферы или другой среды, в которой распространяются радиоволны, говорят о беспроводном канале связи (радиоканале).

Радиосигнал распространяется в пространстве, на основе законов физики [1, 2]. Электромагнитный сигнал перемещается в среде и переносит затухание (потеря тракта) на основе природы среды (носителя). Кроме того, сигнал встречается с объектами и отражается, преломляется, поглощается, происходит дифракция, и рассеивание. Кумулятивный эффект приводит к поглощаемому сигналу, сигналу, пересекающему разнообразные пути, частота сигнала смещается из-за относительного движения между источником и объектами (Эффект Доплера), таким образом сигнал значительно изменяется. Радиосигнал зависит от пространства (местности), времени и частоты, и он может быть представлен как $s(x, y, z, t, f)$, где x, y, z являются пространственными переменными, и t, f – переменные времени и частоты, соответственно. Если мы представим переданный сигнал как $s_T(x_T, y_T, z_T, t, f_T)$ и получен-

ный сигнал как $s_R(x_R, y_R, z_R, t, f_R)$, то можно связать оба сигнала пространственно-временной частотной зависимостью, как $s_R(x_R, y_R, z_R, t, f_R) = H(s_T(x_T, y_T, z_T, t, f_T))$. $H(\cdot)$ – функция, которая может быть названа *беспроводным каналом*. Беспроводной канал также зависит от таких факторов как территория, атмосферные условия, относительная мобильность передатчиков и получателей, типов используемых антенн, высоты антенн и других практических параметров.

Модель распространения для беспроводного канала характеризуется потерей в тракте передачи, замиранием вследствие многолучевого распространения [3, 4] и эффектом Доплера. Все эти характеристики затронуты физической средой между передатчиком и получателем, а также системно-зависимыми параметрами, такими как высота антенны, ширина луча антенны, поляризация антенны и взаимная связь между многими антеннами.

Потери в тракте передачи характеризуют затухание между уровнем переданного и полученного сигнала. Это, обычно, основано на таких физических явлениях, как поглощение, дифракция, рассеивание, отражение и преломление.

Поглощение радиосигнала в атмосфере происходит из-за явления молекулярного резонанса из-за присутствия молекул воды и кислорода. Поэтому поглощение больше во время дождя и снегопада. Поглощение также происходит, когда радиоволны распространяются через твердые частицы. Здания с металлом, дают ослабление 10-25 дБ в зависимости от толщины стен, деревья ослабляют приблизительно на 10-12 дБ, и металлы ослабляют сигнал больше всего.

Дифракция вокруг объектов происходит, когда длина волны сигнала сопоставима с размером объекта или меньше его. В микроволновом диапазоне, например, у сигнала

Преображенский Юрий Петрович – Воронежский институт высоких технологий, канд. техн. наук, профессор it_pro@vvt.ru.

Чупринская Юлия Леонидовна – Воронежский институт высоких технологий, студент ВИВТ, chup_yul_vivt@yandex.ru.

Кравцова Нина Евгеньевна – Воронежский институт высоких технологий, студент Колледжа ВИВТ, krav_nina_vivt@yandex.ru.

на 2.5 ГГц длина волны 12 см. Дифракция происходит, когда сигнал встречается с объектами этих размеров и, если есть резкий край, происходит отражение сигнала по закону оптики – угол падения равен углу отражения.

Дифракция также наблюдается в городе со зданиями. Низкочастотные сигналы могут огибать препятствия по вершинам [5, 6].

Рассеивание – явление, которое происходит, когда сигнал встречается с кластером объектов, и многократные отражения от этих объектов вызывает случайный эффект рассеивания. Пример рассеивающей среды – листва. Деревья с большим количеством ответвлений и движущихся листьев (из-за ветра) рассеивают сигнал значительно.

Потери в тракте передачи – функция частоты, расстояния между передатчиком и получателем, ландшафтом и системно-зависимыми параметрами, такими как высота антенны и характеристики антенны [7, 8].

Замирание – явление, которое происходит, когда рассеивающаяся среда между передатчиком и приемником меняется в зависимости от времени. Это изменение сигнала добавляется к сигналу на приемнике как функция времени.

Очевидно, что ландшафт работы (открытая местность, плотная листва, высокие здания, холмистые области) определяет уровень замирания.

У канала есть когерентность, если он не показывает изменения в своих характеристиках вдоль уровней измерения пространства, времени и частоты. Различные типы когерентности объяснены ниже. Рассмотрим узкополосный сигнал, фиксированный в пространстве. Тогда когерентность по времени канала может быть выражена как константа $|h(t)|$, при $|t-t_0| \leq T_c/2$, где T_c – время. Это означает, что временные характеристики канала не изменяются во время когерентности по времени. Когерентность частоты канала определена, когда канал занимает определенную полосу частот и не переключается на другие частоты. Форма выражения подобна предыдущему случаю $|h(f)| \approx \text{const}$, при $|f-f_c| \leq B_c/2$. Как в предыдущих случаях, пространственная когерентность может быть определена как $h(r) \approx \text{const}$, при $|r-r_0| \leq DD_c/2$, где r_0 произвольная позиция в пространстве, D_c – пространственная когерентность. Все вышеупомянутые параметры когерентности важны для проектирования системы. Например, знание значения пространственной когерентности поможет

смягчить замирания. Еще пример, если две антенны получателя разделены расстоянием большим, чем расстояние пространственной когерентности, вероятно, что одна из антенн могла получить более сильный сигнал по сравнению с другой антенной. Таким образом, можно объединить сигналы от обеих антенн эффективным способом, чтобы увеличить мощность сигнала. Другими словами, используется принцип 'разнообразия'. Подобные методы могут использоваться в контексте временных и частотных когерентностей, чтобы улучшить качество сигнала [9, 10].

Для разработки беспроводных систем, где сигнал искажен из-за физических явлений, необходимо характеризовать канал, используя математические модели. Понятно, что рассеивание сигнала отличалось бы для различных расположений передатчика и получателя. Чтобы характеризовать канал, покрывая большинство возможных случаев, используются два подхода.

- Статистическая модель, использующая экспериментальные данные: Эта модель основывается на измерениях, которые выполнены, используя передатчики и приемники в различных расположениях ландшафта, используя различные антенны и другие соответствующие экспериментальные параметры. Понятно, что невозможна исчерпывающая измерительная кампания, способная проверить все варианты. Представительные наборы экспериментов выполняются, и отличия (другие варианты) моделируются с точки зрения стохастической платформы. Математические модели разрабатываются на основе анализа данных. Это также вызывает классическим подходом моделирования.

- Модели, использующие принцип геометрии: в этом методе рассеивающаяся среда характеризуется геометрическими моделями, где пути прохождения сигнала, как предполагается, являются лучами, перемещающимися между передатчиком и приемником. Уровень замираний вычисляется на основе числа лучей и расстояния, пройденного лучами. Кроме того, углы падения и Доплеровское распределение, характеризуются, используя информацию о геометрии массива. Канал тогда численно моделируется и сравнивается с измерениями, полученными посредством экспериментов проверки моделей.

Вывод. На основе комплексного анализа характеристик разработчики имеют воз-

возможности эффективным образом проектировать беспроводные системы связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lvovich I. Ya. The analysis of scattering electromagnetic waves with use of parallel computing / I. Ya. Lvovich, A. P. Preobrazhenskiy, O. N. Choporov, K. V. Kaydakova // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings – 2015. – С. 7147133.
2. Преображенский А. П. Характеристики распространения радиоволн в подземных беспроводных системах связи / А. П. Преображенский, А. А. Хромых // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2013. – № 2 (2). – С. 5.
3. Преображенский Ю. П. Применение поглощающих материалов при проектировании электродинамических устройств / Ю. П. Преображенский // Будущее науки – 2018 Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2018. – С. 374-377.
4. Львович Я. Е. Исследование метода трассировки лучей при проектировании беспроводных систем связи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Информационные технологии. – 2011. – № 8. – С. 40-42.
5. Головинов С. О. Моделирование распространения миллиметровых волн в городской застройке на основе комбинированного алгоритма / С. О. Головинов, А. П. Преображенский, И. Я. Львович // Телекоммуникации. – 2010. – № 7. – С. 20-23.
6. Львович Я. Е. Исследование метода трассировки лучей для проектирования беспроводных систем связи / Я. Е. Львович, И. Я. Львович, А. П. Преображенский, С. О. Головинов // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2012. – Т. 17. – № 1. – С. 32-35.
7. Казаков Е. Н. Разработка и программная реализации алгоритма оценки уровня сигнала в сети wi-fi / Е. Н. Казаков // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2016. – № 1 (12). – С. 13.
8. Преображенский Ю. П. Проблемы представления компьютерных сетей / Ю. П. Преображенский // Проблемы и перспективы развития России: молодежный взгляд в будущее. Сборник научных статей 2-й Всероссийской научной конференции. Юго-Западный государственный университет; Московский политехнический университет; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева. – 2019. – С. 109-112.
9. Преображенский Ю. П. Вопросы формирования компьютерной сети внутри предприятия / Ю. П. Преображенский // Наука молодых – будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2019. – С. 144-147.
10. Преображенский Ю. П. Проблемы анализа работоспособности компьютерных сетей / Ю. П. Преображенский // Наука молодых – будущее России Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых. В 8-ми томах. Ответственный редактор А. А. Горохов. – 2019. – С. 141-144.

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS USED IN DESIGNING WIRELESS COMMUNICATIONS SYSTEMS

© 2020 Yu. P. Preobrazhenskiy, Yu. L. Chuprinskaya, N. E. Kravtsova

Voronezh Institute of High Technologies (Voronezh, Russia)

This paper analyzes the main characteristics, useful methods for designing wireless communication systems.

Keywords: communication, wireless system, channel, signal, radio wave propagation.