

ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ ДАЛЬНОСТИ СВЯЗИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СТАНДАРТОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Коваленко А.Е., магистрант

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Беспроводная сеть специального назначения в качестве среды распространения сигнала использует радиоволны (радиоэфир), и работа устройств и передача данных в сети происходит без использования кабельных соединений. В связи с этим на работу такой сети воздействует большее количество различного рода помех.

Рассмотрим список самых распространенных причин, влияющих на работу таких стандартов как Wi-Fi и ZigBee:

1. Устройства (пожарные извещатели, приемное – контрольные приборы), работающие в радиусе действия элементов сети специального назначения и использующие тот же частотный диапазон.

В беспроводных сетях Wi-Fi используются два частотных диапазона – 2,4 и 5 ГГц. Беспроводные сети стандарта 802.11b/g работают в диапазоне 2,4 ГГц, сети стандарта 802.11a – 5 ГГц, а сети стандарта 802.11n могут работать как в диапазоне 2,4 ГГц, так и в диапазоне 5 ГГц. В полосе частот 2,4 ГГц для беспроводных сетей доступны 11 или 13 каналов шириной 20 МГц (802.11b/g/n) или 40 МГц (IEEE 802.11n) с интервалами 5 МГц между ними. Беспроводное устройство, использующее один из частотных каналов, создает значительные помехи на соседние каналы. Для исключения взаимных помех между каналами необходимо, чтобы их несущие частоты отстояли друг от друга на 25 МГц (5 межканальных интервалов). Частотные полосы и каналы Wi-Fi в 5 ГГц:

- UNII-1: 5150 – 5250 МГц (доступно 4 частотных канала Wi-Fi)
- UNII-2: 5250 – 5350 МГц (доступно 4 частотных канала Wi-Fi)
- UNII-2 Extended: 5470 – 5725 МГц (доступно 11 частотных каналов Wi-Fi)
- UNII-3: 5725 – 5825 МГц (доступно 4 частотных канала Wi-Fi) [1].

ZigBee работает в радиодиапазонах: 868 МГц в Европе, 915 МГц в США и в Австралии, и 2,4 ГГц в большинстве стран в мире. На частоте 2,4 ГГц есть 16 каналов ZigBee, каждый канал требует ширины диапазона в 5 МГц. Основная частота для каждого канала может быть рассчитана как $FC = (2405 + 5 * (ch - 11))$ МГц, где $ch = 11, 12, \dots, 26$ [2].

2. Большие расстояния между устройствами. Необходимо помнить, что беспроводные устройства имеют ограниченный радиус действия. В помещении дальность действия беспроводной точки доступа может быть ограничена несколькими десятками метров – в зависимости от конфигурации комнат, наличия капитальных стен и их количества, а также других препятствий.

3. Препятствия. Различные препятствия (стены, потолки, мебель, металлические двери и т.д.), расположенные между устройствами, могут частично или значительно отражать/поглощать радиосигналы, что приводит к частичной или полной потере сигнала.

В связи с выделенными причинами в данной работе проводится оценка качества связи беспроводной сети специального назначения.

Оценка ожидаемой дальности связи.

Устойчивость приема – передача радиосигнала для одинаково настроенных устройств существенно зависит от окружающей среды. Энергетический бюджет радиоканала, позиционирование антенн и их расстояния – важнейшие параметры для обеспечения максимально возможной дальности связи. В общем случае заданное расстояние никогда не может быть определено или гарантировано для любого типа радиосвязи, пока среда распространения радиоволн не определена.

При проектировании системы, основанной на радиоканале, максимальное расстояние

между передатчиком и приемником является одним из самых важных параметров, который будет в максимальной степени влиять на процесс проектирования и монтаж системы. При разработке системы радиосвязи необходимо всегда стремиться обеспечить максимальное расстояние.

Выбор оптимальной частоты для системы в различных диапазонах не всегда очевиден. Характеристики антенны и ее местоположение, законодательные ограничения по максимальной выходной мощности, нежелательные источники помех, рабочая частота, конфигурация радио и затухание в среде распространения – все это определяет максимальное расстояние между приемником и передатчиком.

Проблеме распространения радиоволн внутри зданий и помещений в настоящее время уделяется большое внимание. Наличие внутри здания стен, перегородок, мебели, радиоэлектронной аппаратуры и т.п. создает сложную среду для распространения радиоволн, которая существенно отличается от свободного пространства и характеризуется такими эффектами, как: многолучевое распространение, обусловленная многократными отражениями радиоволн; дифракция на предметах; затухание радиоволн при распространении на расстояние и прохождении препятствий.

Величина сигнала зависит как от расстояния до источника сигнала, так и от его частоты. Существует ряд моделей для оценки ослабления сигнала при распространении внутри здания.

Общеизвестным способом расчета величины затухания сигнала является следующая формула (1):

$$L = 20 \lg \left(\frac{4\pi d_0 f}{c} \right) + 10k \lg \left(\frac{d}{d_0} \right), \quad (1)$$

где k – коэффициент ослабления, который, в частности, равен 2 для открытого пространства; d – расстояние от точки доступа до точки передачи; f – частота сигнала; c – скорость света; d_0 – эталонное расстояние, равное 1 м. Из формулы (1) непосредственно вытекает, что с возрастанием частоты передаваемого сигнала увеличивается его затухание.

При наличии на пути распространения сигнала препятствия конечной толщины d его траектория изменяется: вместо прямой она становится ломаной, как показано на рис. 1.

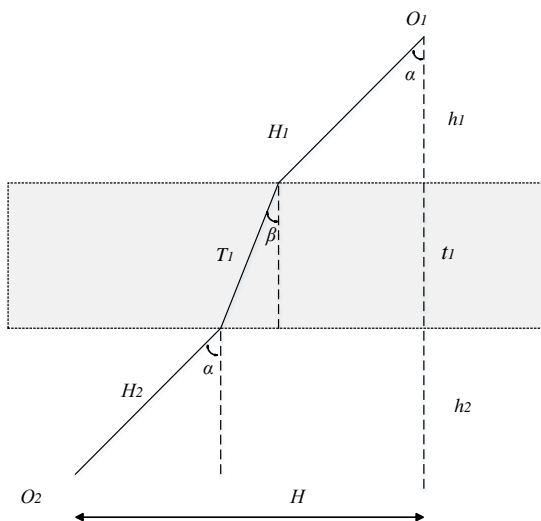


Рисунок 1 – Траектория распространения сигнала через препятствие

Источник сигнала находится в точке O_1 на расстоянии h_1 от препятствия, приемник – в точке O_2 на расстоянии h_2 от препятствия. Толщина препятствия составляет t_1 . Сигнал, падая под углом α к нормали препятствия, проходит расстояние H_1 . Далее сигнал, преломляясь на границе раздела двух сред, распространяется под углом β к нормали препятствия и в препятствии преодолевает расстояние T_1 . После повторного преломления на границе двух сред сигнал, распространяясь в пространстве под углом α к нормали

препятствия, проходит расстояние H_2 . Соответственно смещение сигнала по отношению к нормальному падению составит H .

Общее затухание в точке O_2 будет определяться следующей формулой (2):

$$L = L_{H_1} + L_O + L_{H_2}, \quad (2)$$

где L_{H_1} и L_{H_2} – затухание, вызванное прохождением участка открытого пространства H_1 и H_2 соответственно; L_O – затухание, связанное с прохождением сигнала через препятствие толщиной T_1 .

Исходя из этого формула (3) оценки затухания сигнала при прохождении препятствия имеет вид:

$$L = 20 \lg \left(\frac{4\pi d_0 f}{c} \right) + 20 \lg \left(\frac{H_1 + H_2 + T_1^{0,5k_M}}{d_0} \right), \quad (3)$$

где k_M – коэффициент ослабления материала стены.

Другим важным моментом при прохождении сигнала через препятствие выступает учет потери мощности из-за отражения на границах, зависящей от угла падения.

Большинство антенн, используемых в WLAN, являются антеннами с линейной поляризацией, горизонтальной или вертикальной. Таким образом, с учетом вертикальной поляризации волн затухания L_{O_1} и L_{O_2} вызванные отражением части волны от границы двух сред будут определяться по формулам (4):

$$L_{O_1} = 10 \lg \left(\frac{P}{P_{\text{пр}}} \right) = 10 \lg \left(\frac{(n_1 \cos \beta + n_2 \cos \alpha)^2}{4n_1 n_2 \cos \alpha \cos \beta} \right),$$

$$L_{O_2} = 10 \lg \left(\frac{P}{P_{\text{пр}}} \right) = 10 \lg \left(\frac{(n_2 \cos \beta + n_1 \cos \alpha)^2}{4n_1 n_2 \cos \alpha \cos \beta} \right), \quad (4)$$

где P и $P_{\text{пр}}$ – мощность сигнала до отражения от границы двух сред и после прохождения границы двух сред; n_1 и n_2 – показатели преломления среды 1 и среды 2 соответственно.

Таким образом, общее затухание сигнала при прохождении расстояния от передатчика к приемнику будет определяться формулой (5):

$$L = 20 \lg \left(\frac{4\pi d_0 f}{c} \right) + 20 \lg \left(\frac{H_1 + H_2 + T_1^{0,5k_M}}{d_0} \right) + 20 \lg \left(\frac{(n_1 \cos \beta + n_2 \cos \alpha)^2}{4n_1 n_2 \cos \alpha \cos \beta} \right). \quad (5)$$

Соотношение между углом падения волны и углом преломления (рис. 1.1) определяется следующим выражением (6):

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (6)$$

В диапазоне частот 3÷5 ГГц действительная часть диэлектрической проницаемости кирпича и бетона меняется слабо и составляет $\varepsilon \approx 3,5 \div 4,0$, поэтому при расчетах можно брать $n_1 = 1$ (воздух), $n_2 = 1,9 \div 2,0$ (стена).

Таким образом, формула (6) принимает вид:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = 2. \quad (7)$$

С возрастанием толщины препятствия больший вклад в затухание будет вносить ослабление при прохождении расстояния внутри препятствия, и соответственно при увеличении толщины препятствия формула будет давать большую ошибку [3-4].

Для оценки эффективности формулы (5) было проведено моделирование по ослаблению радиоволны. В точке O_1 – располагался извещатель, а в точке O_2 – приемник

сигнал. Толщина стены, через которую проходил сигнал, составляла 14 см. Далее измерялось ослабление сигнала при различных параметрах f , H_1 , H_2 . Результаты измерений представлены ниже.

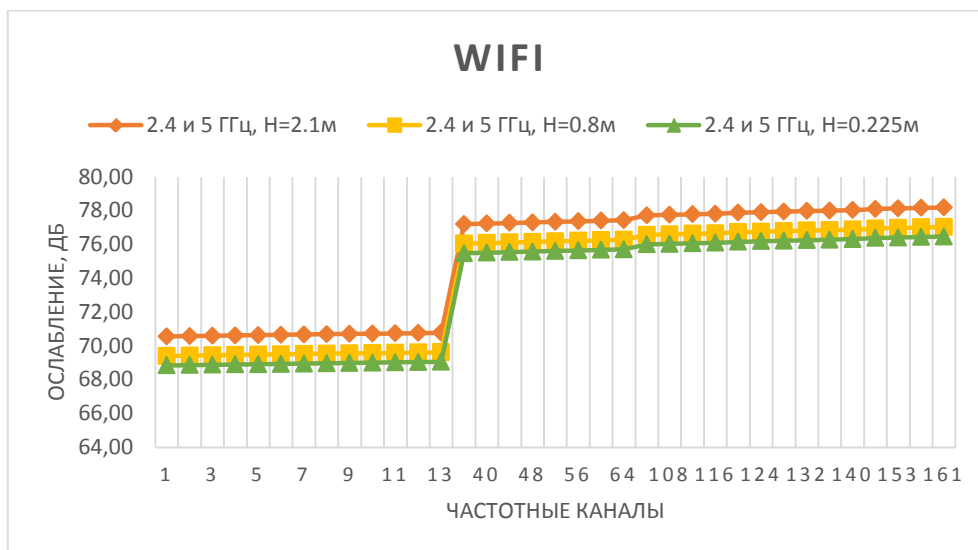


Рисунок 2 – Ослабление сигнала для стандарта WI-FI

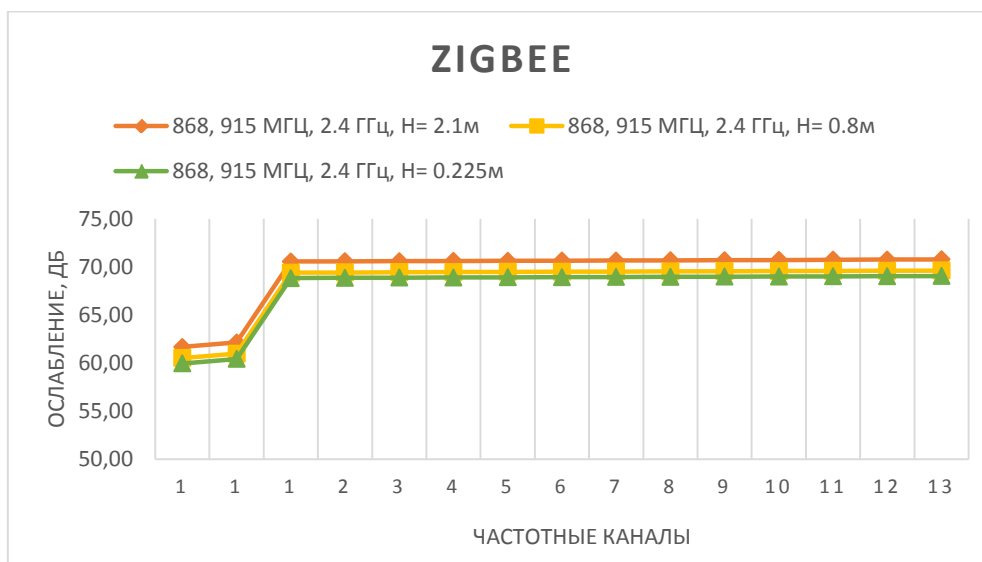


Рисунок 3 – Ослабление сигнала для стандарта ZIGBEE

Из полученных данных можно сделать вывод, что чем выше частота и чем дальше будут располагаться объекты, тем больше будет затухание сигнала.

Перечень ссылок

1. Что влияет на работу беспроводных сетей Wi-Fi? Что может являться источником помех и каковы их возможные причины? [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: <https://help.keenetic.net/hc/ru/articles/213968709> – Дата доступа 20.04.2018.
2. ZigBee – Википедия. [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ZigBee> – Дата доступа 27.04.2018.
3. Быстрая оценка Wi-Fi-сигнала при прохождении препятствий в пределах здания. [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/90103/1/45-50.pdf> – Дата доступа 17.04.2018.
4. Методика быстрой оценки мощности Wi-Fi-сигнала при прохождении препятствий в пределах здания. [Электронный Ресурс]. – Режим доступа: http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/22199/1/Кочин%20В_П.pdf – Дата доступа 17.04.2018.