

МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОСИГНАЛА WI-FI

С.С. СТАРЦЕВ
ИГАСУ (Сибстрин)
e-mail: helionthefirst@gmail.com

Рассмотрены популярные модели распространения и затухания сигнала Wi-Fi. Проведено экспериментальное сравнение ряда моделей в различных условиях. Сделаны выводы о их применимости.

Введение

Актуальность исследования моделей распространения Wi-Fi-сигнала, используемых в программах и программных комплексах для планирования локальных беспроводных сетей, обусловлена широким их применением, и как следствие, желанием повысить точность результатов моделирования.

Оптимизация расстановки точек доступа Wi-Fi входит в число мероприятий по планированию развертывания беспроводной локальной сети.

1. Модели распространения Wi-Fi-сигнала.

Существуют эмпирические и теоретические (расчетные) модели распространения сигнала. Среди эмпирических моделей можно выделить 2 группы:

1. Статистические модели – требуют только общего описания типа здания.
2. Одно- или многолучевые модели – оценивают уровень принимаемого сигнала и основаны на учете потерь на всех препятствиях на пути прохождения сигнала.

Модели, выражают величину потери мощности сигнала в произвольной точке. Для этого необходимо определить потерю мощности при идеальных условиях - отсутствии препятствий, отражений, и без учета наличия нескольких возможных траекторий передачи сигнала, описывается по формуле Фрииса [1]:

$$\frac{P_R}{P_T} = G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (1)$$

Где,

d - расстояние в метрах между передающей и принимающей антенной.

P_T - мощность передающей антенны на расстоянии d , в дБм.

P_R - мощность принимаемая антенной в дБм.

G_T - коэффициент усиления передающей антенны.

G_R - коэффициент усиления принимающей антенны.

λ - длина волны в метрах.

Формула (1) выраженная в децибелах, при коэффициентах усиления, равных единице:

$$L = 10 \log \left(\frac{P_R}{P_T} \right) = 10 \log \left(\frac{G_T G_R \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right) = 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right) \quad (2)$$

Из (2) вычислим потерю мощности сигнала в свободном пространстве [1]:

$$L_{FS} = 32,45 + 20 \log(d) + 20 \log(f), \quad (3)$$

при условии измерения расстояния в километрах, а частоты f в мегагерцах.

Статистическая модель One slope [2, (1)] описывает зависимость увеличения потери мощности сигнала с расстоянием, с усредненным учетом препятствий:

$$L(d) = L_{FS} + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right) \quad (4)$$

Где,

$d_0 = 1$ м.

L_{FS} – потери в свободном пространстве на расстоянии d_0 .

n – коэффициент, зависящий от типа помещения, количества препятствий и их материала.

Статистическая модель Dual slope [1] учитывает отличия потери мощности сигнала на дальних и ближних расстояниях. В ней появилось разделение расстояния между приемником и передатчиком на 2 зоны точкой разрыва d_{BR} – ближнюю и дальнюю:

$$L_1(d) = 10n_1 \log \left(\frac{d}{d_{BR}} \right) + L_{BR}, \quad d < d_{BR} \quad (5)$$

$$L_2(d) = 10n_2 \log \left(\frac{d}{d_{BR}} \right) + L_{BR}, \quad d \geq d_{BR} \quad (6)$$

Где,

$n_{1,2}$ – коэффициенты уменьшения мощности на промежутке до и после d_{BR} . Как правило принимают равным 2 и 6 соответственно.

L_{BR} – значение потери мощности сигнала в точке разрыва.

Статистическая модель Log-distance [3] аналогична модели One slope, но добавляет к потере мощности сигнала случайную величину X_σ :

$$L(d) = L_{FS} + 10n \log \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_\sigma \quad (7)$$

Где,

X_σ - нормальная случайная величина в dB, имеющая стандартное отклонение σ dB.

Статистическая модель, рекомендованная Международным союзом электросвязи (ITU-R 1238) [4] была разработана для расчетов внутри зданий и помещений:

$$L = 20 \log f + N \log d + P_f(n) - 28 \quad (8)$$

Где,

d в метрах, а f в мегагерцах.

N - коэффициент потери мощности сигнала с расстоянием.

n - количество препятствий (стен) между приемником и передатчиком.

$P_f(n)$ - параметр потери мощности сигнала при прохождении через препятствия. Определяется эмпирически и зависит от количества пройденных препятствий [4].

Однолучевые модели Motley-Keenan [5] и COST 231 Multi-wall [2, (2)] представляют собой усовершенствованную модель One slope:

$$L(d) = L_M + 10n \log(d) + k_W L_W \quad (9)$$

$$L = L_{FS} + 10n \log(d) + \sum k_{W_i} L_{W_i} + L_F n \binom{(n+2)}{(n+1) - b} \quad (10)$$

Где,

L_M - измеренная потеря мощности сигнала на расстоянии 1 м.

k_{W_i} - количество пройденных препятствий (стен) типа i .

L_{W_i} - потеря мощности сигнала при прохождении через препятствие (стену) типа i .

L_F - потеря мощности сигнала при прохождении через пол.

n - количество пройденных сигналом полов.

b - эмпирический параметр.

2. Сравнение моделей распространения Wi-Fi-сигнала с экспериментальными данными.

Для сравнения мной были выбраны две статистические и две эмпирические модели распространения Wi-Fi-сигнала: One slope, ITU-R 1238, Motley-Keenan, COST 231 Multi-wall.

Экспериментальные данные были получены в ходе измерений, проведенных в НГАСУ (Сибстрин) на кафедре информационных систем и технологий.

Схема помещений, в которых проводились замеры приведена на рисунке 1.

На схеме отмечено расположение точки доступа и мест проведения замеров уровня мощности сигнала. В качестве передатчика была использована доступная точка доступа и ноутбук в качестве приемника.

Сравнение выбранных моделей необходимо проводить в одинаковых условиях (количество стен и их пропускная способность). В качестве препятствия в первом сравнении была одна тонкая стена.

Начальное значение абсциссы у всех графиков на рисунке 2 равно 1 м, это связано со спецификой расчета выбранных моделей. Одинаковые значения абсцисс некоторых точек объясняется тем, что расстояние от приемника до передатчика в этих точках совпадает, но препятствия на пути сигнала от передатчика до приемника разные, вследствие чего, значения потери мощности сигнала в этих точках тоже разные. Модель One slope [2, (1)] наиболее точно описывает характер распространения сигнала в данной ситуации. Модель COST231 Multi-wall [2, (2)] показывает самый «пессимистичный прогноз».

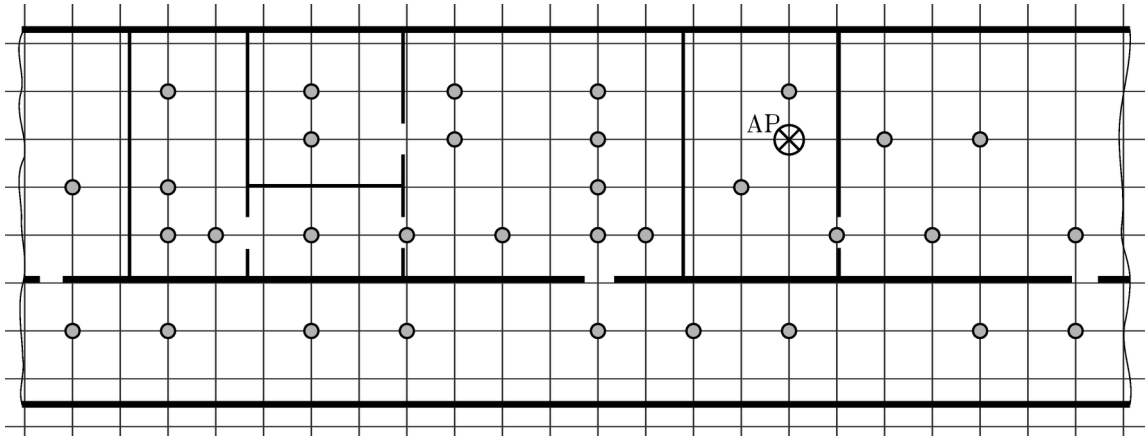


Рис. 1. Схема расположения мест замеров

Модели ITU-R 1238 [4] и Motley-Keenan [5] с небольшим запасом описывают наивысший уровень потери сигнала в условиях препятствия в виде одной тонкой стены.

Второе сравнение проводилось в условиях препятствия в виде двух стен – толстой и тонкой. В новых условиях результаты расчета моделей незначительно изменились относительно первого сравнения. На рисунке 3 можно заметить более интенсивный рост графика модели Motley-Keenan [5], в то время как остальные модели ведут себя по-прежнему. Для данных условий справедливы выводы сделанные в предыдущем сравнении.

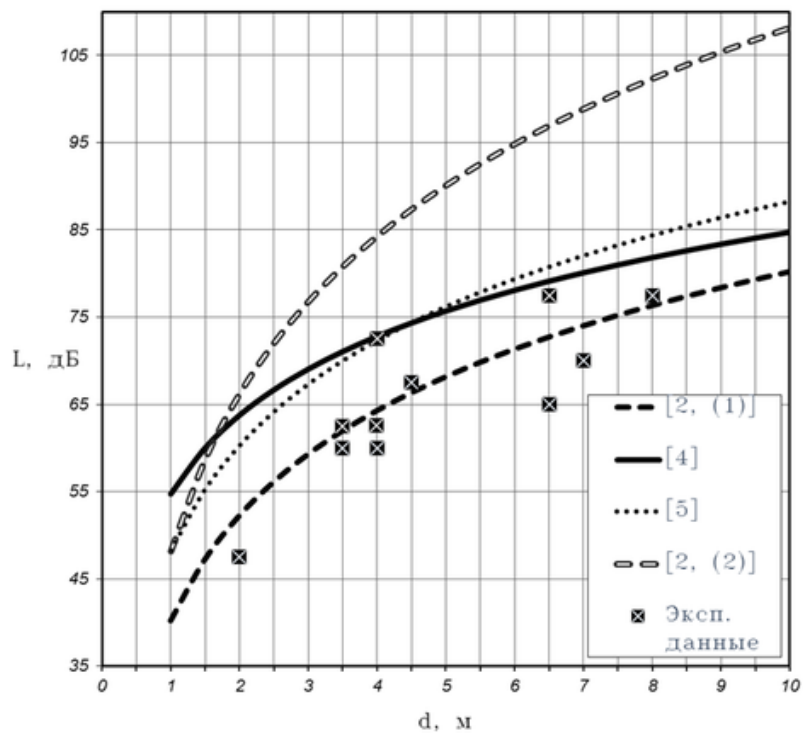


Рис. 2. Графики моделей в условиях первого сравнения

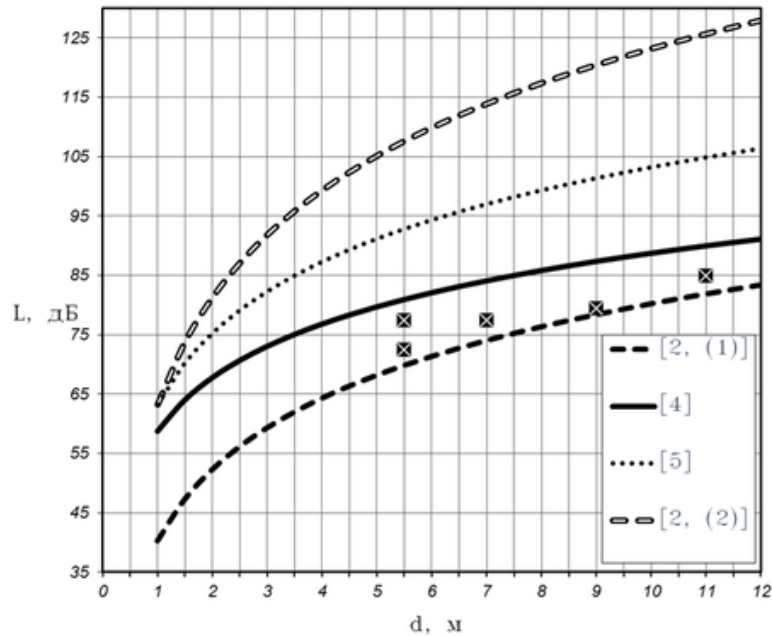


Рис. 3. Графики моделей в условиях второго сравнения

В последнем сравнении участвует только модель One slope, так как она не зависит от препятствий. Основная цель этого сравнения – доказать, что данная модель показывает характер распространения сигнала на относительно большом расстоянии и разном количестве препятствий. Сравнение модели One slope [2, (1)] с экспериментальными данными показано на рисунке 4.

Как можно наблюдать на рисунке, график модели практически совпадает с кривой, аппроксимирующей экспериментальные значения. Уравнение кривой приведено на рисунке. Такое совпадение подтверждает гипотезу о том, что модель One slope достаточно точно характеризует распространение сигнала Wi-Fi.

Проведенное сравнение показало, что выбранные модели ведут себя ожидаемо и предсказуемо в заданных условиях – модели ITU-R 1238 и Motley-Keenan отлично подходят для планирования при развертывании беспроводных сетей, а COST231 Multi-wall показывает слишком «пессимистичный прогноз» и нуждается в корректировке. Про модель One slope уже было сказано выше.

Для более детальной оценки моделей рассмотрим график отклонения расчетных значений моделей от экспериментальных, приведенный на рисунке 5.

По графику видно, что все модели, кроме COST231 Multi-wall [2, (2)] имеют одинаковый характер отклонений, причем у модели ITU-R 1238 [4] на данном участке все отклонения положительные, так как расчетные значения больше экспериментальных.

Видно, что модель COST231 Multi-wall можно откорректировать введением коэффициента AW_i , который снижал бы значение потери мощности сигнала для каждого типа стен с увеличением их количества:

$$L = L_{FS} + 10n \log(d) + \sum k_{Wi} L_{Wi} A_{Wi}(k_{Wi}) + L_{Fn} \left(\frac{(n+2)}{(n+1)} - b \right) \quad (11)$$

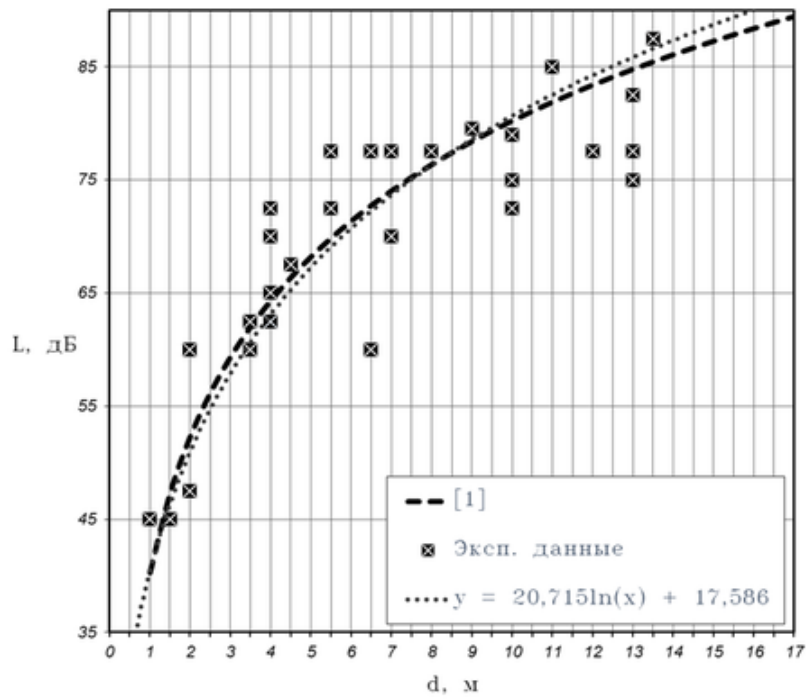


Рис. 4. Сравнения графика модели One slope с экспериментальными данными

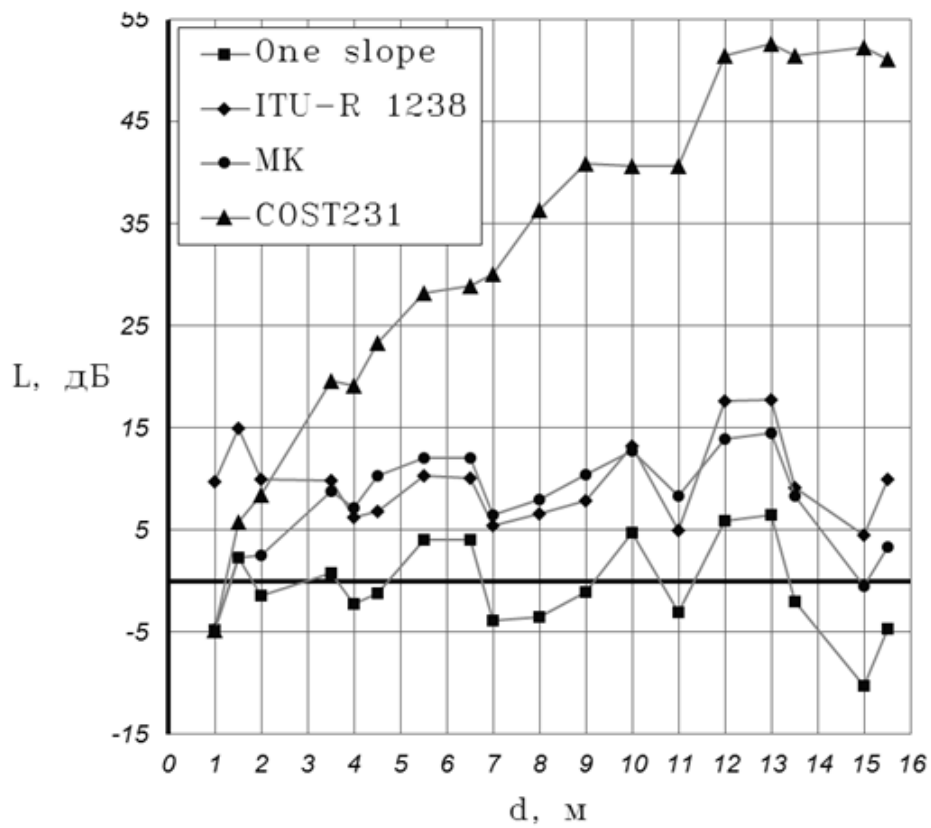


Рис. 5. Графики отклонения расчетных значений моделей от экспериментальных данных

3. Вывод.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности подбора модели и её коэффициентов для конкретных условий таким образом, чтобы можно было получить максимально близкий к экспериментальным данным результат.

При планировании локальной беспроводной сети в различных условиях наилучшим будет выбор из моделей ITU-R 1238 и Motley-Keenan.

Все приведенные расчеты и графики были выполнены в программе Microsoft Excel.

Список литературы

- [1] SAUNDERS S.R. Antennas and propagation for wireless communication systems. England: John Wiley & Sons Ltd, 2007.
- [2] ЛАНТЕЕНМАКИ J. Indoor Propagation Models // COST Action 231: Digital mobile radio towards future generation systems: Final report. 1999. P. 175-179.
- [3] РАППАПОРТ Т. Wireless Communications: Principles and Practice. USA: Prentice Hall, 2002.
- [4] ITU-R P.1238-7 Propagation data and prediction methods for the planning of indoor radio communication systems and the radio local area networks in the frequency range 900 MHz to 100 GHz. Geneva: ITU-R Recommendations, 2001.
- [5] MOTLEY A., KEENAN J. Indoor Propagation Models // COST Action 231: Digital mobile radio towards future generation systems: Final report. 1999. P. 175-179.