Расчет радиуса действия точек доступа Wi-Fi

Аннотация

В статье пойдет речь о том, как производится расчет дальности распространения радиосигнала Wi-Fi внутри помещения без применения какого-либо программного обеспечения в принципе. Подробно объясняется, что такое модели распространения радиосигнала, и о том, как ее использовать для расчета дальности распространения радиосигнала.

Введение

Порой бывает необходимо хотя бы приближенно оценить дальность работы беспроводного оборудования. Эта оценка может потребоваться и в домашних условиях, когда нужно понять, где проходит граница действия вашей точки доступа, так и в случае проектирования небольшой офисной сети, когда всемогущий системный администратор должен сообщить начальнику, какое количество устройств может потребоваться чтобы в офисе везде "был Wi-Fi".

Вроде как все просто, нужно посчитать насколько далеко полетит сигнал (электромагнитная волна) от антенны точки доступа. Но отличительная особенность расчета затухания электромагнитной волны в свободном пространстве от затухания в кабеле, заключается в том, что кабель, как правило, хорошо экранирован, а в свободном пространстве могут появляться сторонние объекты, либо оно само (пространство) время от времени может менять свои электрофизические свойства. К тому же вследствие интерференции и дифракции радиоволн, направление распространения электромагнитной волны и ее энергетический запас может многократно измениться как в меньшую, так и в большую сторону на пути прохождения волны от передатчика до приемника.

В том случае, если необходимо определить затухание сигнала внутри кабельной сборки, то зачастую достаточно знать погонное затухание кабеля и потери на его (кабеле) коннекторах. Таким образом, формула для расчета суммарного затухания в этом случае может выглядеть довольно просто:

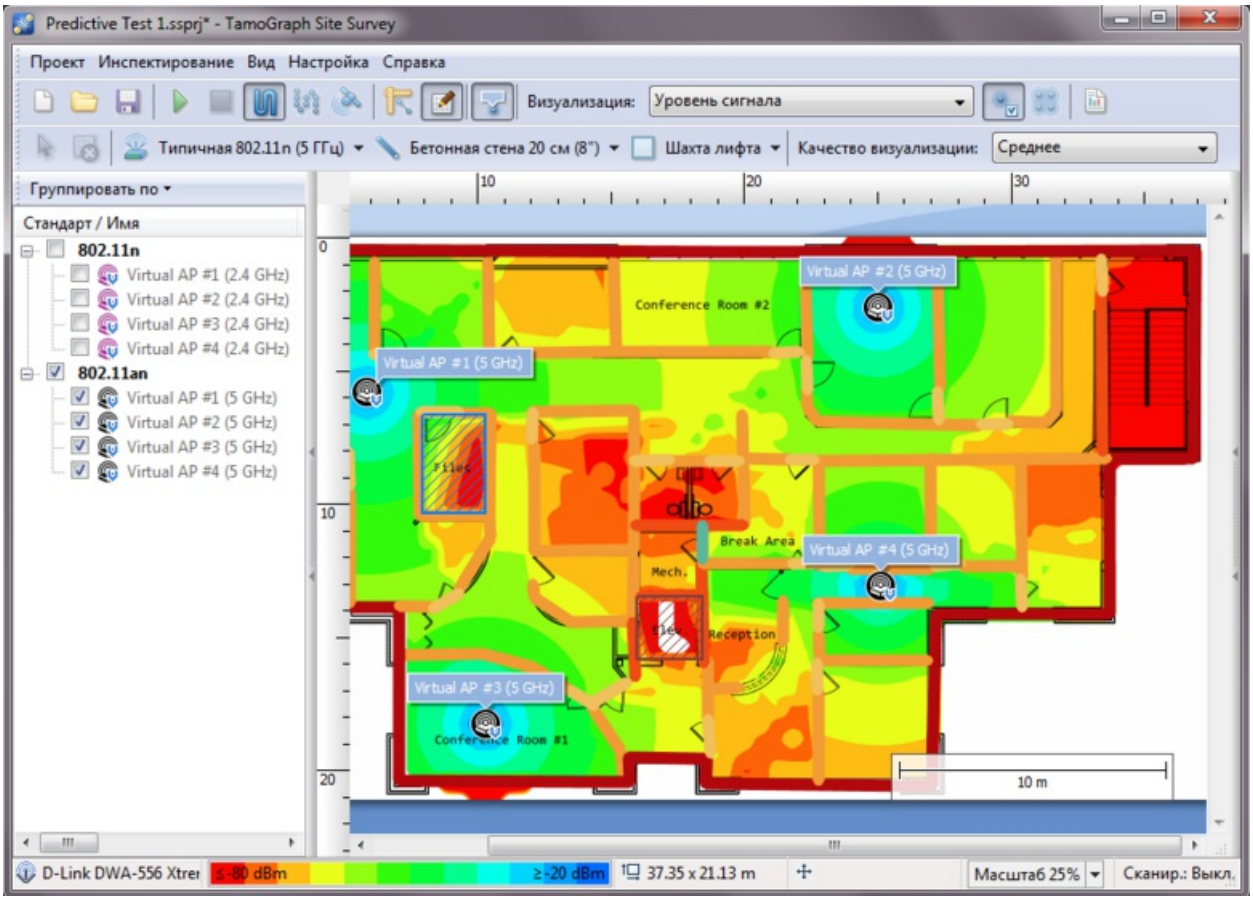
$$P_{\Sigma}\left[dB\right] = P_{к} \times 2 + P_{n} \times L$$

где: $P_к$– затухание на коннекторе (ах);

P_n – погонное затухание в кабеле;

L – длина кабеля.

Если же рассматривается свободное пространство, то предсказать какой уровень электромагнитного сигнала от точки доступа Wi-Fi будет в месте расположения абонента крайне проблематично. В современных реалиях перед проектированием Wi-Fi сети строят ее планируемую электромагнитную карту с помощью различных программных и аппаратных комплексов. К программным комплексам относятся такие как: TamoGraphSiteSurvey, AirMagnet Survey / Planner, Site Survey and Planning Toolот компании Ekahau и др. Например на рисунке ниже изображен внешний вид проекта в одной из перечисленных программ.



В основе этих программ лежит математическое ядро, построенное на базе так называемых моделей распространения радиосигнала (моделях потерь радиосигнала). В некоторых из них применяются и более сложные электродинамические модели.

Модели расчета потерь радиосигнала Wi-Fi

Модели расчета потерь радиосигнала позволяют оценить затухания электромагнитной волны, излучаемой Wi-Fi адаптером, с учетом количества и типа препятствий на пути прохождения сигнала. В данной статье рассматриваются модели распространения сигнала, используемые для расчета уровня сигнала внутри зданий. Моделей, о которых пойдет речь, и их модификаций существует большое множество. В статье рассматриваются наиболее простые, которыми можно воспользоваться даже в полевых условиях без глубоких математических знаний.

Перед началом рассмотрения различных моделей распространения радиосигнала отметим, что в идеальных условиях (отсутствуют препятствия на пути прохождения сигнала, и нет многократных переотражений сигнала) оценить мощность сигнала в любой точке свободного пространства (free space - FS) можно по так называемой формуле Фрииса:

$$L_{FS} = 10\log\left(\frac{G_{Прд} \times G_{Прм} \times \lambda^2}{(4\pi d)^2}\right)$$

где: $G_{Прд}$ – коэффициент усиления антенны передатчика;

$G_{Прм}$ – коэффициент усиления антенны приемника;

λ – длина волны, метров;

d – расстояние между приемником и передатчиком, метров.

На рисунке 1 приведен график зависимости затухания L_{FS} с увеличением расстояния для Wi-Fi сигнала на первом частотном канале (центральная частота 2437 МГц) в диапазоне 2.4 ГГц – синяя кривая, и в диапазоне 5 ГГЦ – красная кривая. При этом коэффициенты усиления приемной и передающей антенны были приняты равными единице.

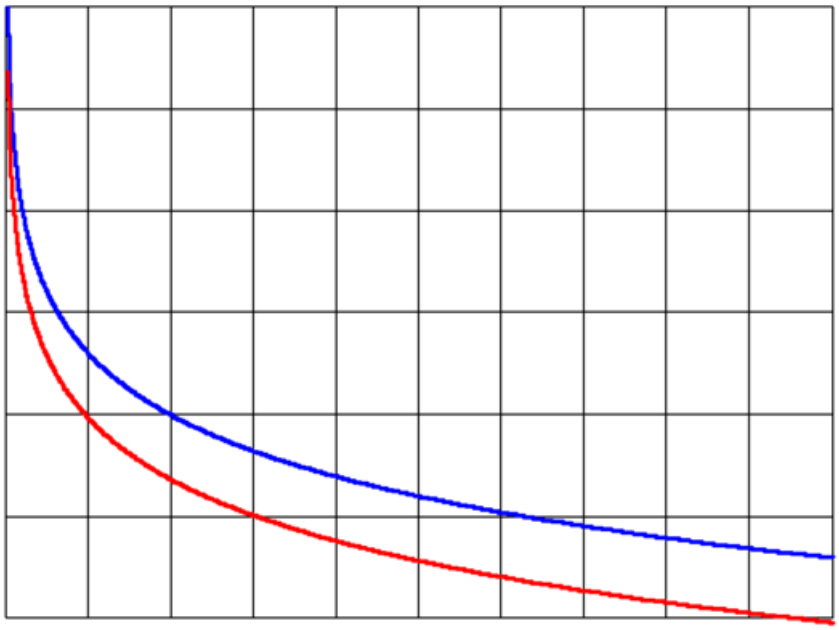


Рисунок 1 – затухание сигнала Wi-Fi с увеличением расстояний

Как правило, большинство моделей распространения используют значение потерь в свободном пространстве в качестве базового, и добавляют к нему переменные, вносящие дополнительное затухание в зависимости от типа препятствий и их электрофизических свойств. К таким моделям относятся, например, One slope и Log-distance. Кроме того, существует стандартизированная Международным союзом электросвязи модель потерь – ITU-R 1238. Перечисленные модели потерь относятся к классу эмпирических статических моделей, то есть для их использования нужно общее описание типа задачи (типа помещения). Перечисленные модели потерь с расшифровкой входящих в них переменных приведены в формулах (3 – 5).

One slope:

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

где: d – расстояние в метрах, на котором производится оценка затухания;
Lfs– потери на расстоянии d0 метров;
n– коэффициент, зависящий от количества и материала препятствий.

Log-distance:

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

где: X_σ – нормальная случайная величина, измеряемая в dB, имеющая стандартное отклонение σ, dB.

ITU-R 1238:

$$L(d) = 20\log f + N\log(d) + L_f(n) - 28$$

где: d>1, м– расстояние, на котором производится оценка затухания;
f – частота центрального канала Wi-Fi, МГц;
N– коэффициент потери уровня сигнала с расстоянием;
Lf (n)– коэффициент потери мощности сигнала при прохождении через стену (пол);
$n \geq 1$ – количество стен (полов) между приемной и передающей антеннами.

В дальнейшем более подробно рассмотрим модель ITU-R 1238, применим ее для определения дальности связи, и сравним результаты расчетов с результатами эксперимента. О том, какие значения в вышестоящих формулах принимают переменные N, n, подробно расписано непосредственно в самой рекомендации МСЭ-R P. 1238–5 под названием "Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зоновых радиосетей в частотном диапазоне 900 МГц – 100 ГГц" (объем – 19 страниц). Для эксперимента, который будет проведен ниже, значения переменных будут выбраны из указанной рекомендации. В разных ситуациях переменные могут принимать различные значения, и чтобы перечислить все возможные случаи пришлось бы разместить в статье минимум 10 страниц документа из 19-ти.

К сожалению, перечисленные модели не учитывают влияния на точку доступа (точнее на излучаемую ей электромагнитную волну) стороннего оборудования, функционирующего в том же частотном диапазоне. Поэтому все расчеты производятся исходя из того, что ваше устройство единственное во всем радиусе его (оборудования) действия. Как показывает практика расчетов, если в радиусе слышимости вашей точки доступа находится 20-30 беспроводных устройств, то радиус действия уменьшается на 15-20%. Но стоит иметь в виду, что эта цифра сугубо приблизительная и в разных ситуация может проявляться по-разному, ибо очень зависит от мощности сигнала, который приходит в ваше устройство, и от того на какой частоте работает окружающее оборудование.

Сравнение результатов эксперимента с моделью ITU-R 1238

Постановка задачи: установленная точка доступа Wi-Fi работает в диапазоне частот 5 ГГц. Приемное устройство (ноутбук) устанавливается в шести точках, схематическое расположение которых изображено на рисунке 2, и регистрирует излучаемую мощность. Выбор расположения точек замера произведен так, чтобы минимизировать влияние эффекта многолучевого распространения на уровень принимаемого сигнала. Предполагается, что максимумы диаграмм направленности приемной и передающей антенны направлены друг на друга.

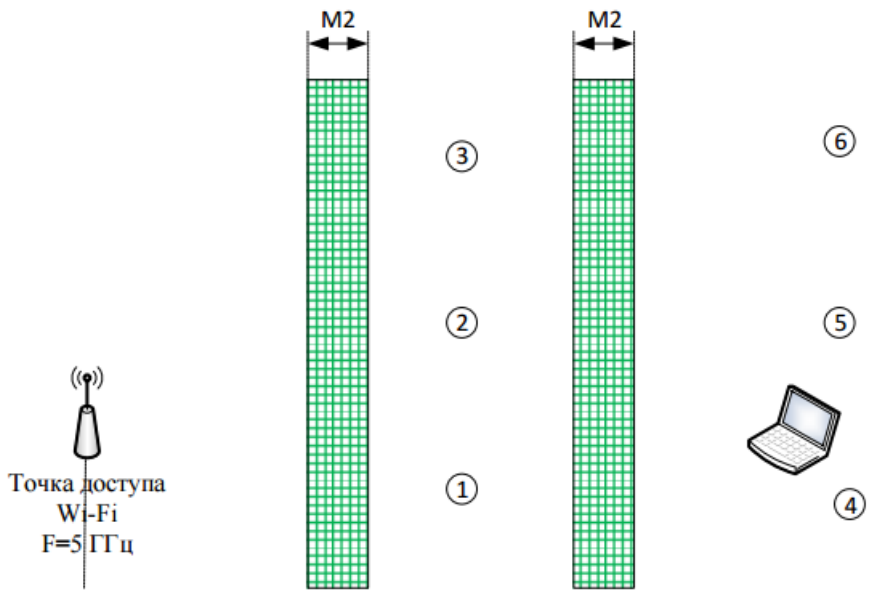


Рисунок 2 – Комментарии к задаче

Перед тем как приступить к расчетам, следует отметить, что авторы модели ITU-R 1238 сделали ее очень гибкой, в частности за счет того, что входящий коэффициент N может меняться в широких

приделах: от 20 до 40 дБ. Чтобы понять какому значению приравнивать N для конкретной ситуации, лучше обратиться непосредственно к первоисточнику рекомендации.

Для рассматриваемого диапазона коэффициент потери мощности сигнала при прохождении через стены для нашего типа задачи – L_{fn} рассчитывается по формуле L_{fn}=15=4(n-1).Таким образом, для точек 1–3 $L_{f(n)}$=15. для точек 4–6 Lf(n)=19 (таблица 3 рекомендации МСЭ-R P. 1238–5). Коэффициент N, используемый при расчете потерь на передачу внутри помещения примем равным 30 (таблица 2 рекомендации МСЭ-R P. 1238–5). С учетом выбранной геометрии задачи, замирания учитываться не будут.

Результаты расчетов в 6-ти точках по формуле ITU-R сведены в таблицу 1, а расстояния до каждой точки измерения от Wi-Fi роутера изображены на рисунке 3.

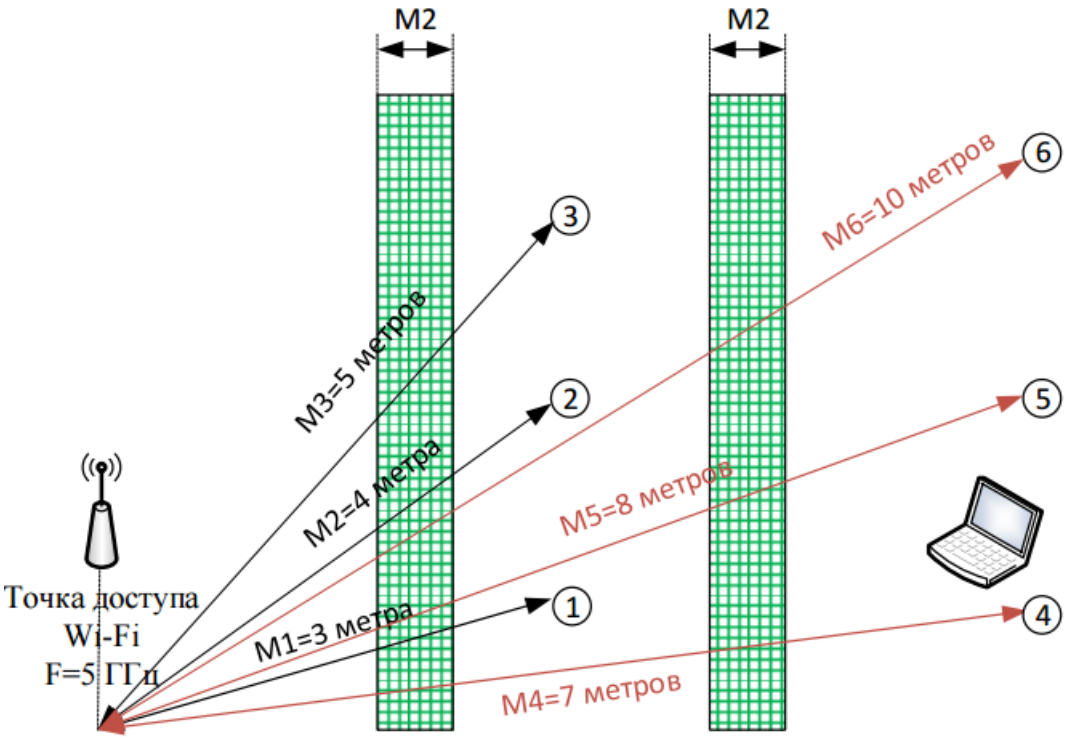


Рисунок 3 – Расстояния от точки доступа до точки измерения

Таблица 1

Точка измерения (расчета) уровня сигнала	Расчет по рекомендации ITU-R 1238–5, дБ	Результаты измерения ПО Wi-Fi Scanner, дБ
1 – 3 метра	-75.3	-74.4
2 – 4 метра	-79	-81.3
3 – 5 метров	-81.9	-84.6
4 – 7 метров	-90	-92.6
5 – 8 метров	-92	-95.8
6 – 10 метров	-94.98	-90.1

Полученные результаты для более наглядного представления изображены на рисунке 4.

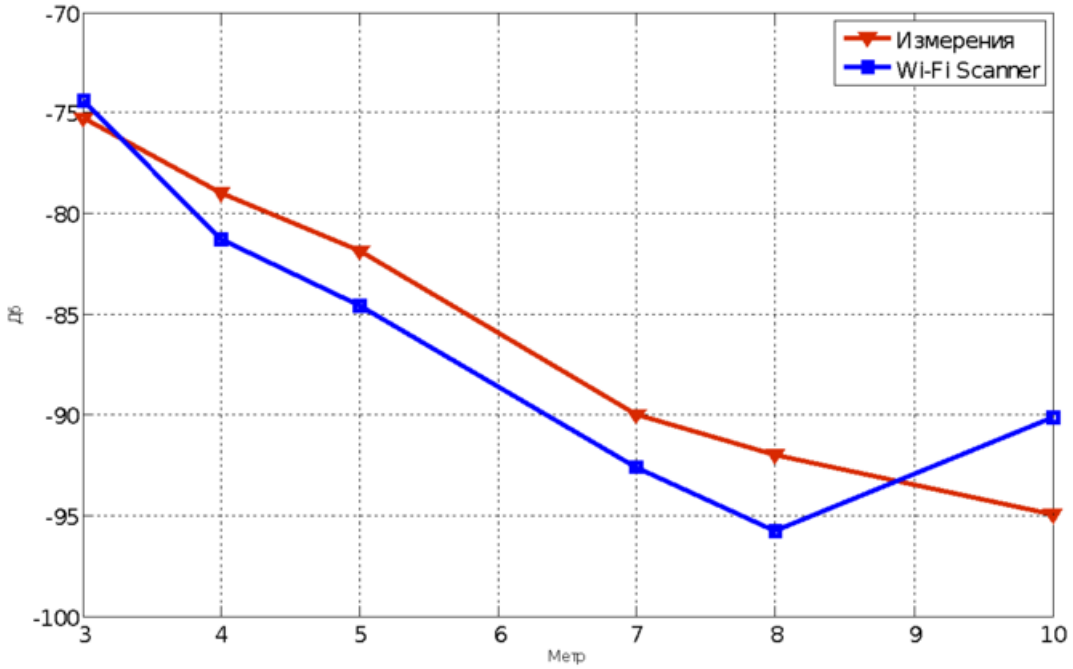


Рисунок 4 – Результаты расчетов и измерений

Наименьшее отличие экспериментальных и расчетных данных наблюдается в точках измерения 1 и 4. Связано это с тем, что сигнал проходит через препятствия (а данном случае, стены) по кратчайшему пути. И напротив, в точках 2,3 и 5,6 сигнал теряет б**о**льшую часть энергии проходя через препятствия по более длинному пути. Этот эффект не учитывается в используемой модели распространения сигнала, что и приводит к росту различия расчетных и экспериментальных данных.

Заключение

Таким образом, в данной работе был показан на практическом примере вариант применения стандартизированной модели расчета затухания сигнала Wi-Fi внутри здания. Эта и другие модели помогут довольно быстро, без применения специализированного ПО, оценить количество необходимого оборудования для Вашего офиса. Конечно, этот подход не заменит качественных проектных расчетов в специализированных программных продуктах, но позволит что называется "сориентироваться на местности", нужно лишь учитываться геометрию здания для получения более корректных результатов.