

Выбор модели расчета потерь

в 2,4-ГГц канале беспроводной связи

В статье приведен расчет потерь в канале на диапазоне 2,4 ГГц

**Прадип Шаманна
(Pradeep Shamanna)**

Диапазон 2,4 ГГц широко используется для передачи сигнала на короткие расстояния в жилых домах, офисах и на предприятиях. Обычно частоты 2,4 ГГц относятся к нелицензируемому диапазону промышленного, научного и медицинского назначения (ISM). На этом диапазоне работает большое количество протоколов, например ZigBee (IEEE 802.15.4), Bluetooth (IEEE 802.15.1), Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g/n), Wireless Universal Serial Bus (WUSB), а также протоколы собственной разработки, такие как MiWi. Некоторые беспроводные телефоны также используют эту частоту. Из-за работы многих устройств в одном спектре возникает интерференция. Следовательно, важно оценить радиус действия и характеристики беспроводной передачи, чтобы создать модели для расчета потерь в канале при передаче внутри помещения и вне его. Эти данные являются исходной точкой для первичной оценки таких параметров беспроводной системы, как дальность, потери в канале, чувствительность приемника, вероятность появления ошибочного бита (BER) или пакета (PER).



Рис. 1. Модуль MRF24J40MC с внешней антенной на дочерней плате

Рассмотрим три модуля Microchip: MRF24J40MA, MRF24J40MB и MRF24J40MC. Они различаются типом антенны и мощностью передачи.

Модуль MRF24J40MA осуществляет передачу по протоколу IEEE 802.15.4 на полосе 2,4 ГГц. Он оснащен встроенной печатной антенной и предназначен для беспроводных сетей датчиков, систем автоматизации в быту и при строительстве, а также для решения бытовых задач. Модуль MRF24J40MB имеет похожие характеристики с тем отличием, что он обеспечивает большую дальность связи и может использоваться для систем автоматического считывания показаний приборов учета. Модуль MRF24J40MC, оснащенный внешней антенной (рис. 1), также обеспечивает связь на большем расстоянии.

Все три модуля подключаются к микроконтроллеру через четырехпроводной интерфейс SPI.

Модели потерь в канале

Крупные модели позволяют прогнозировать усредненное по расстояниям поведение. Параметрами крупной модели являются расстояние между приемником и передатчиком и свойства окружающей среды, которые практически не зависят от частоты передачи. Такая модель неприменима для малых расстояний, однако полезна для оценки дальности действия радиосистемы. Она помогает приблизительно спланировать емкость сети.

Мелкие (затухающие) модели позволяют описывать изменение каждого сигнала в отдельности. В них учитывается многолучевость распространения (фазовая нейтрализация). Ослабление в канале считается постоянным. Оно определяется, главным образом, частотой и полосой передачи. Обычно сначала используют мелкие модели, позволяющие моделировать быстрые колебания сигнала на коротком расстоянии или за короткое время.

Если оцененное значение принятой мощности достаточно велико по отношению к чувствительности приемника, канал считается пригодным для передачи данных. Чувствительность приемника зависит от протокола передачи. Разница между нею и мощностью принятого сигнала называется энергетическим запасом

линии связи. При благоприятных условиях (антенны согласованы, отсутствуют многолучевость и отражения, в линии нет потерь) энергетический запас может быть равен 0 дБ. Минимальный энергетический запас реальной системы зависит от того, какую надежность необходимо обеспечить. Как правило, он составляет 22–28 дБ. Запаса в 15 дБ при хорошей погоде будет достаточно для того, чтобы сохранилось эффективное функционирование при плохих погодных условиях, под воздействием солнечного и радиочастотного излучения.

Потери при распространении между приемной и передающей антенной обычно выражаются безразмерной величиной, нормированной на длину волны. В случае когда требуется измерить потери одного типа, важно не перепутать единицы измерения, потому что для каждого типа потерь используются различные константы.

В качестве примера оценим надежность линии связи длиной 1 км. Передающим и принимающим узлами являются модули MRF24J40MB с выходной мощностью 20 дБм. Каждый узел оснащен ненаправленной печатной антенной с коэффициентом усиления 1 дБи. Мощность передачи первого и второго узлов одинакова, она составляет 100 мВт (20 дБм), чувствительность –102 дБм. Кабель имеет небольшую длину и аппроксимируется потерями 1 дБ на каждом конце.

Сложим все коэффициенты усиления и вычтем потери при пересылке данных от первого узла ко второму узлу, полагая пространство между ними свободным. Расстояние передачи равно 1 км. Поскольку –60 дБ больше, чем минимальная чувствительность приемника второго узла, уровень сигнала достаточен. Запаса $102 - 60 = 42$ дБ хватает при хороших погодных условиях и может быть мало при плохих.

Потери в обратном направлении такие же. Кроме того, есть потери, обусловленные средой. Сигнал затухает даже при передаче на линии прямой видимости. Он может ослабеть еще на 20 дБ, однако оставшегося запаса все равно достаточно для обмена без дополнительного усиления.

Пусть на месте второго узла будет модуль MRF24J40MA с нулевым усилением. Поскольку чувствительность первого узла равна –95 дБм, запас составляет $95 - 60 = 35$ дБм. Если учесть потери, вызванные окружающей средой (20 дБ), то связь возможна только при дополнительном усилении на 15–20 дБ.

Зоны Френеля

Зона Френеля — это область вокруг визуальной зоны прямой видимости, по которой радиоволны распространяются после того, как покинут антенну (рис. 2). Сигнал 2,4 ГГц поглощается водой, поэтому быстро затухает. Рекомендуется, чтобы 60% зоны Френеля было свободно от препятствий. Как правило, если 20% зоны Френеля занята, в канале появляются слабые потери. Если занята более 40%, потери становятся значительными. Важно указать численно, насколько может быть занята зона Френеля.

Потери на распространение сигнала внутри помещения существенно выше, чем снаружи, из-за потолка и стен. Отражаясь от стен, сигнал ослабляется. Дополнительное ослабление вы-

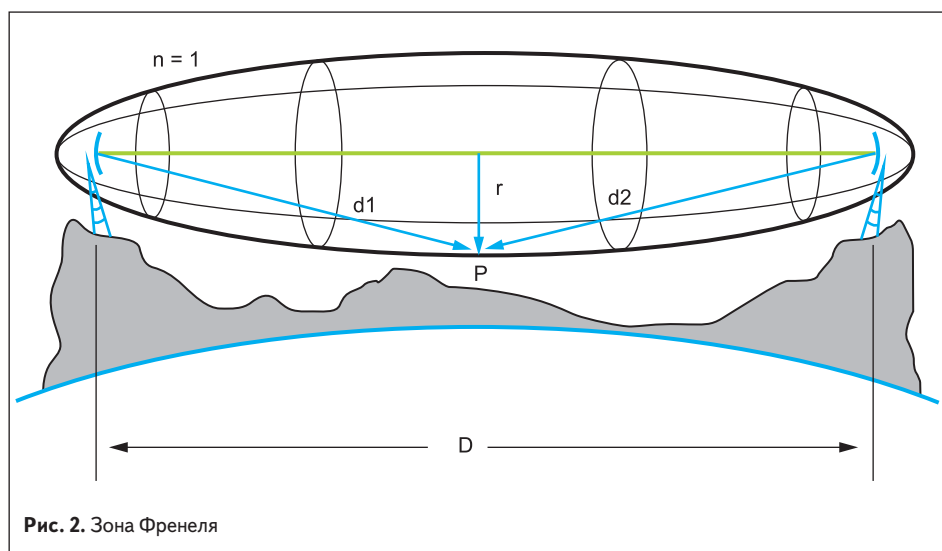


Рис. 2. Зона Френеля

звано препятствиями (посторонние электронные устройства, мебель, люди).

Деревья вносят ослабление на 8–18 дБ. Точное его значение зависит от размера, формы и типа дерева. Деревянная стенка создает помеху 6 дБ. Через сравнительно старые здания сигналы проходят хуже, чем через современные, из-за свойств строительных материалов.

Бетонные стены вносят потери 10–15 дБ в зависимости от особенностей конструкции, полы — 12–27 дБ. Бетонные и стальные полы вносят больше потерь, чем деревянные. Зеркальные стены вносят еще больше потерь, поскольку отражающее покрытие имеет проводящие свойства.

Зона Френеля иногда является хорошим параметром измерения дальности внутри помещения. В общем случае распространение в линии прямой видимости происходит только первые 3 м, далее потери могут достигать 30 дБ на каждые 30 м в плотных офисных помещениях. Уровень потерь зависит от конфигурации и расположения помещения. Среди возможных причин возникновения потерь в зоне Френеля можно выделить коллизии с другими передатчиками, слабый вектор ошибки (20–24%) и отражения от движущихся объектов или людей.

На рис. 3 показана сила принятого сигнала (RSSI) в области прямой видимости.

Заключение

При выборе модели потерь в канале для оценки характеристик радиосистемы следует быть внимательным. За исключением нескольких случаев, модель свободного пространства дает ошибочный результат. Для городской застройки более реалистичной является модель ITU распространения сигнала внутри помещения.

Если оценивать приблизительно, то можно полагать, что в условиях городской застройки при удвоении расстояния между передатчиком и приемником энергетический потенциал линии следует повысить на 10–12 дБ.

Для увеличения максимального расстояния передачи, в первую очередь, необходимо подобрать оптимальную чувствительность приемника. На дальность связи влияют и другие параметры, однако их вклад меньше.

Вследствие многолучевости распространения сигнала может ослабевать на 30–40 дБ, поэтому важно обеспечить достаточный запас энергетического потенциала линии, чтобы эти потери не приводили к потере функциональности системы.

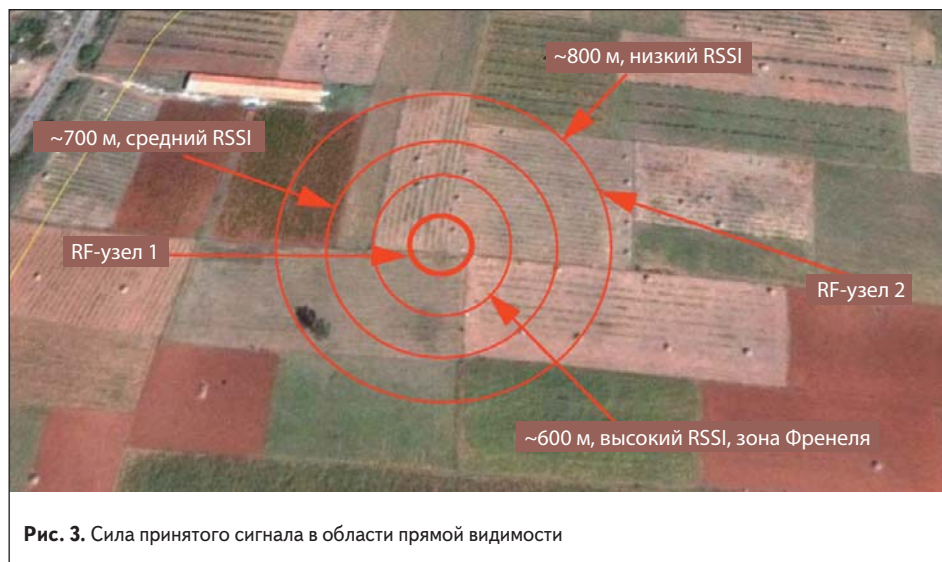


Рис. 3. Сила принятого сигнала в области прямой видимости