

Высокоскоростной радиомост. Часть 2.

Физический уровень.



Eugene_0, 29 декабря 2016г.

«Высокоскоростной радиомост».

Часть №2.

Физический уровень.

Физический уровень – это уровень, предназначенный непосредственно для передачи данных. Основная задача – надежная передача потока битов, поступающих с канального уровня.

1.6. Обоснование и подробное описание задач, выполняемых на физическом уровне.

Проработка вопросов, связанных с обеспечением синхронизации сетевых устройств на физическом уровне.

1.6.1. Анализ и обоснованный выбор мер по защите физического уровня от многолучевости.

В нашей работе используется модуляция OFDM, которая подразумевает распределение одного частотного канала на много поднесущих, которые передают символы одновременно. Продолжительность символа, передаваемого поднесущей, значительно больше в сравнении с задержкой, и каждый передаваемый символ отделяется от остальных защитным интервалом. Поэтому можно сказать, что канал защищен от многолучевости.

1.6.2. Пояснение способа реализации проведения радиоизмерений на физическом уровне.

Терминал производит радиоизмерения во время приема сообщений. Под радиоизмерением подразумевается измерение отношения сигнал/шум. Такие измерения проводятся постоянно для оперативной реакции системы на изменение уровня ОСШ. Физический уровень, измерив эту величину, отправляет информацию на L3 уровень. L3 уровень, при низком ОСШ, сигнализирует пользователю о возможных сбоях при приеме сообщений.

Сетевой уровень, опираясь на информацию о уровне ОСШ может изменить профиль в сторону более высокоскоростного режима. Если ОСШ низкое, то режим BPSK, если среднее, то изменяется на QPSK и только при большом уровне – QAM-16.

1.6.3. Проработка структуры радиointерфейса L1-уровня, обеспечивающего двусторонний обмен пакетами физического уровня. Проработка профилей физического уровня и сценария их выбора. Определение типов пакетов физического уровня, обоснование структуры полей пакетов каждого типа, оценка размеров полей.

В работе используются три профиля передачи данных: BPSK, QPSK и QAM-16.

BPSK – используется для передачи служебных сообщений, для обеспечения высокой достоверности передаваемых сообщений.

QPSK и QAM-16 - используются для передачи трафика для обеспечения высокой скорости.

Общий вид пакетов физического уровня будет включать в себя: сообщение с данными с L2 уровня, FEC – поле, содержащее избыточные биты, преамбула – поле, необходимое для синхронизации, Info – поле с информацией о действующем профиле.

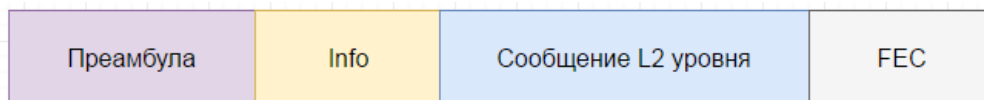


Рисунок 1 – Общий вид пакета на физическом уровне

В связи с тем, что на канальном уровне используются несколько типов сообщений, то на физическом уровне будут меняться размеры полей сообщения L2 уровня и FEC.

Для обеспечения помехоустойчивого кодирования обеспечим условие – на каждый бит информационного сообщения – два бита избыточности. Значит размер поля FEC будет совпадать с размером поля сообщения L2 уровня разбитого на части. Для BCCH, MCCH и TCH они будут составлять 80, 64 и 63 соответственно. MCCH делится на 4 части, TCH делится на 2.

Для организации OFDM будут выделены 32 поднесущих, из которых 24 отведены на передачу данных. Тогда на одну поднесущую OFDM приходится:

- При BPSK – 24 бит, из которых 12 на передачу данных.
- При QPSK – 64 бит, из которых 32 на передачу данных.
- При QAM-16 – 128 бит, из которых 64 на передачу данных.

1.6.4. Пояснение способа обеспечения частотной и временной синхронизации.

Наличие OFDM требует организацию высокой степени синхронизации по частоте и по времени. Синхронизация обеспечивается передачей в составе преамбулы одного короткого и одного длинного OFDM символа.

1.6.5. Оценка пропускной способности физического канала связи с учетом избыточности, вносимой на L1-уровне. Оценка требуемых частотных ресурсов.

Учтем, что в п. 1.3.8 мы выяснили минимальную пропускную способность канального уровня, которая составила 3.05 Мбит/с. В связи с тем, что на физическом уровне мы добавили избыточность в размере равном размеру передаваемого сообщения L2 уровня, разбитого на части, то пропускная способность увеличится максимум вдвое и составит 6.1 Мбит/с. Рассчитаем полосу частот физического канала для разных профилей передачи:

$$\Delta f = R / \log_2 n$$

Где R – пропускная способность, n – кратность модуляции.

Получим – для BPSK – 6.1 МГц, для QPSK – 3.05 МГц и для QAM-16 – 1.525 МГц.

1.6.6. Обоснованный выбор частотного диапазона(на основании документов ГКРЧ); аргументированный выбор модели оценки потерь при распространении радиоволн выбранного диапазона, расчет уровня потерь.

На основании Постановления Правительства Российской Федерации от 25 июля 2007 г. № 476 ("О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 12 октября 2004 г. № 539 "О порядке регистрации радиоэлектронных средств и высокочастотных устройств"), предусмотрено свободное использование частотного диапазона 2,4 ГГц только при высоте установки радиоэлектронных средств не более 10 м от поверхности земли.

Согласно Постановлению и п.1.4.5 выберем рабочую полосу частот при центральной частоте 2450 МГц: 2444,05 – 2455,95 МГц.

В качестве модели потерь выберем модель для широкополосных систем связи 3-го поколения, так как у нас небольшая зона радиопокрытия в условиях городской застройки.

$L = 49 + 40 \lg R + 30 \lg f_0$, где R - расстояние между терминалами, f_0 - несущая частота.

Расстояние между терминалами – 0.5 км, тогда $L = 49 + 40 \lg(0.5) + 30 \lg 2450 =$

$= 138.63$ дБ.

1.6.7. Расчет отношения сигнал/шум, требуемого для обеспечения заданной вероятности битовой ошибки для выбранного вида и типа модуляции/демодуляции. Обоснование выбора метода помехоустойчивого кодирования, перемежения/деперемежения, расчет

эффективности кодирования. Коррекция данных расчета отношения сигнал/шум с учетом метода помехоустойчивого кодирования. Окончательная оценка требуемых частотных ресурсов.

Для расчета ОСШ, требуемого для обеспечения заданной вероятности битовой ошибки, используем утилиту BER Analysis Tool, входящую в состав пакета прикладных программ MATLAB. По техническому заданию необходимо обеспечить вероятность ошибки на бит не более, чем 10^{-7} при этом учтем избыточность при сверточном кодировании. Получим график:

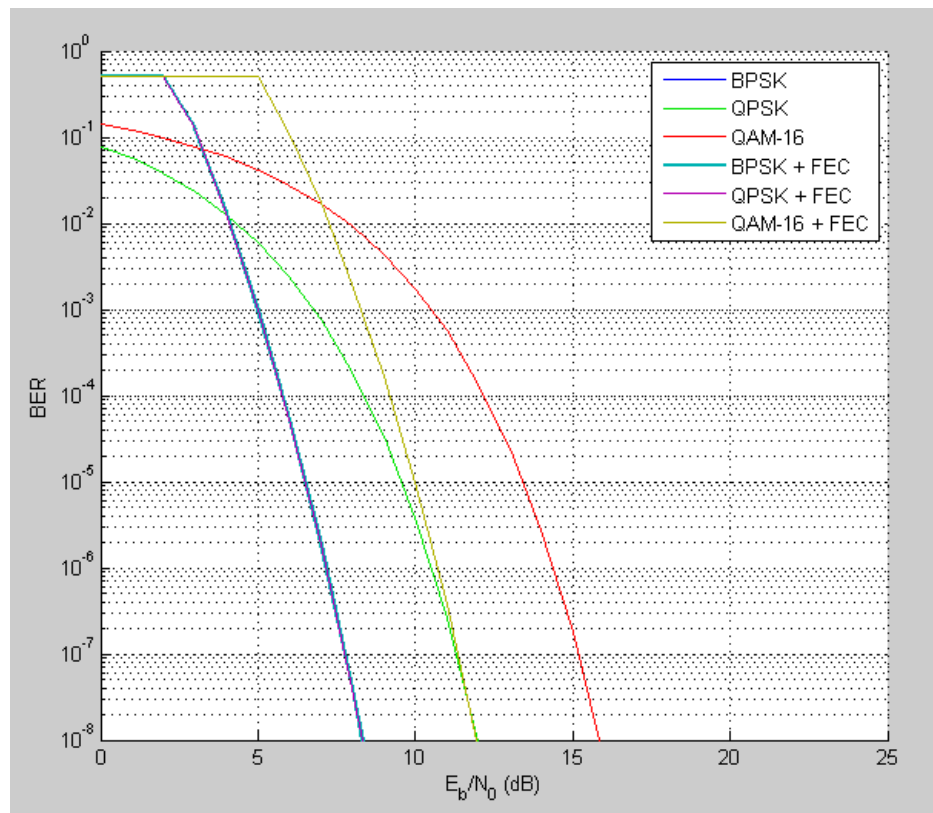


Рисунок 2 – Зависимость вероятности битовой ошибки от ОСШ

Значит, для обеспечения заданной вероятности битовой ошибки необходимое ОСШ составляет: для BPSK – 7.762 дБ, для QPSK - 7.762 дБ, для QAM-16 – 11.35 дБ.

1.6.8. Оценка уровня мощности передачи с учетом необходимого запаса мощности сигнала для его уверенного приема с вероятностью PR % на границе радиопокрытия, оценка размера зоны радиопокрытия.

Проведем расчет мощности передатчика при QAM-16, так как она требует самую высокую мощность.

Тогда скорость на выходе помехоустойчивого кодера:

$$R_c = (n / k) * R = (171 / 133) * 6.1 * 10^6 = 7.84 \text{ Мбит/с.}$$

Скорость передачи по радиоканалу, который используется для передачи данных:

$$R_N = R_c / 48 = 7.84 * (10^6) / 48 = 163.333 \text{ кбит/с.}$$

Эффективная полоса пропускания:

$$\Delta f = R_N / \log_2(16) = 163.333 * (10^3) / 4 = 40,83 \text{ кГц;}$$

Шумовая полоса приемника:

$$P_{\text{ш}} = \Delta f * 1,1 = 40,83 * (10^3) * 1,1 = 44.913 \text{ кГц.}$$

Мощность шума на выходе приемника:

$$P_{\text{ш}} = k * T * P_{\text{ш}} = 1,38 * (10^{-23}) * 296 * 44.913 * (10^3) = -154.46 \text{ дБ.}$$

$$C/N = E_b/N_0 + 10 \cdot \log(R_N / \Pi_{\text{ш}}) = 7,762 + 10 \cdot \log(188.125 \cdot (10^3) / (44.913 \cdot (10^3))) = 13.36 \text{ дБ.}$$

Чувствительность приемника:

$$P_{\text{прм}} = P_{\text{ш}} + N_k + E_b/N_0 = -154.46 + 2 + 13.36 = -138.64 \text{ дБ}$$

Мощность излучения подвижной станции:

$$P_{\text{изл}} = P_{\text{прм}} + L - G_T - G_r = -138.64 + 138.63 - 10 - 10 = -20 \text{ дБ} = 0.1 \text{ мВт}$$

На всех 64 поднесущих получим

$$\sum P_{\text{изл}} = P_{\text{изл}} \cdot 64 = 6.4 \text{ мВт, что меньше } 0.3 \text{ Вт и удовлетворяет ТЗ.}$$

Оценим область уверенного приема при $P_r=80\%$. В таблице функций Лапласа найдем значение, ближайшее к $((100-80)/100)=0.2$ и получим $W=0.53$

Так как наша сеть находится в плотной городской застройке, то $\sigma = 10$ и $n = 5$.

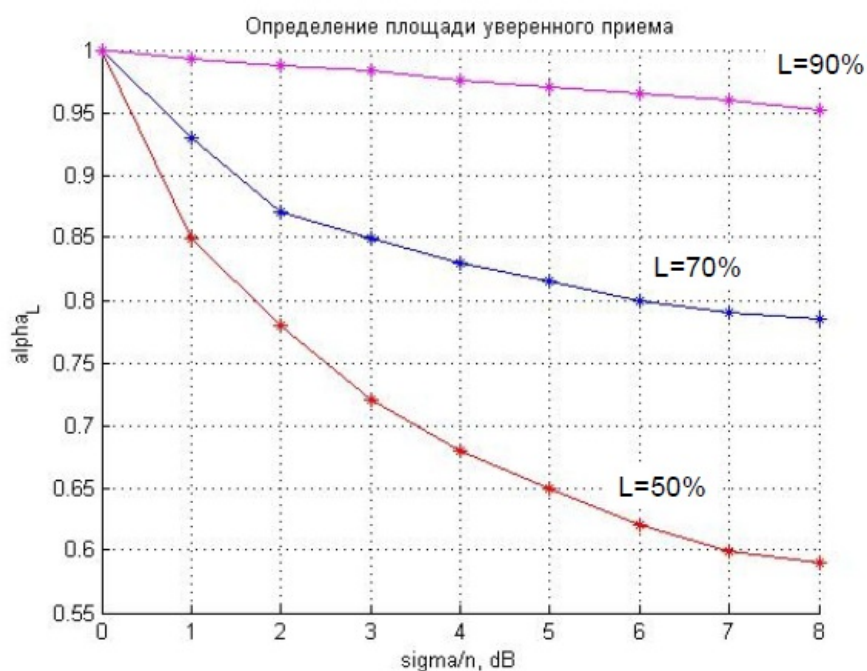


Рисунок 3 – Определение площади уверенного приема.

$\sigma/n=2$, тогда $r_{50} = 0.78$. Отсюда найдем для 80% - $r_{80} = (10^{((-0,53 \cdot 10) / (10 \cdot 5))}) \cdot 0,78 = 0,611$ км

1.6.9. Построение блок-схем алгоритмов приема/передачи сообщений физического уровня.



Рисунок 4 – Алгоритм передачи



Рисунок 5 – Алгоритм приёма

Используемая литература:

1. Бакке А. В. "Лекции по курсу: Системы и сети связи с подвижными объектами".
2. Статьи с сайта Omoled.ru прошлых лет.
3. http://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/CIS/Documents/Events/2014/03_Moscow/Session_2_Lokhvitsky.pdf
4. <http://www.rfdesign.ru/tools/rf-calculator.htm>

