

Радиосеть передачи данных. Часть 3.



Скворцов Сергей, 27 февраля 2018г.

В данной статье рассмотрены:

2.8. Проработка задач физического уровня. Решение вопросов, связанных с обеспечением синхронизации сетевых устройств на физическом уровне.

2.8.1. Анализ и обоснованный выбор мер по защите приема от многолучевости, искажений и помех в канале связи. При необходимости, проработка профилей физического уровня и сценария их выбора.

2.8.2. Пояснение способа обеспечения частотной и временной синхронизации.

2.8.3. Определение типов пакетов физического уровня, пояснение структуры полей пакетов каждого типа.

2.8.4. Построение временной диаграммы, отражающей двустороннюю доставку всех видов пакетов L1 уровня. Оценка пропускной способности физического канала связи с учетом избыточности, вносимой на L1-уровне. Оценка требуемой полосы частот.

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

2.8.6. Расчет отношения сигнал/шум, требуемого для обеспечения заданной вероятности битовой ошибки для выбранного вида и типа модуляции/демодуляции без помехоустойчивого кодирования. Обоснование выбора метода помехоустойчивого кодирования, перемежения/деперемежения, расчет эффективности кодирования. Повторный расчет отношения сигнал/шум с учетом метода помехоустойчивого кодирования. Окончательная оценка требуемой полосы частот.

2.8.7. Обоснование размерности полей пакетов каждого типа. Расчет временного масштаба, отражающей двустороннюю доставку всех видов пакетов L1 уровня (п.2.8.4).

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

2.8.9. Построение функциональной схемы разработанного физического уровня

2.8. Проработка задач физического уровня. Решение вопросов, связанных с обеспечением синхронизации сетевых устройств на физическом уровне.

2.8.1. Анализ и обоснованный выбор мер по защите приема от многолучевости, искажений и помех в канале связи. При необходимости, проработка профилей физического уровня и сценария их выбора.

В соответствии с заданием к курсовой работе проектируемая система функционирует в условиях городской застройки, то есть нужно учесть, что солдаты перемещаются по местности, что приводит к постоянно меняющимся помехам. Чтобы скомпенсировать эти помехи мы будем использовать адаптивную фильтрацию. Смысл адаптивной фильтрации следующий – по каналу передается полезный сигнал + обучающая последовательность, заранее известная и на передающей и на приемной стороне. Соответственно, помеха действует, как и на полезный сигнал, так и на обучающую последовательность. На приемной стороне находится фильтр-эквалайзер, который представляет собой адаптивный фильтр, коэффициенты которого должны регулироваться обучающей последовательностью. После обучения фильтра последовательностью эквалайзером осуществляется изменение полезного сигнала.

Я считаю целесообразным применение сверточного кодирования, так как необходимо обеспечить транспортировку сообщений с минимальным количеством ошибок.

В проектируемой сети нет необходимости в реализации нескольких профилей физического уровня, так как сеть осуществляет передачу только одного вида трафика – речевого. Этот профиль подразумевает использование квадратурной амплитудной модуляции QAM-16. Мы выбрали QAM-модуляцию, потому что она позволяет получить большую скорость передачи и спектральную эффективность в отличие от других модуляций.

2.8.2. Пояснение способа обеспечения частотной и временной синхронизации.

Проектируемая система функционирует в условиях передачи информации реального масштаба времени, то нужно точно синхронизировать терминалы по частоте и времени. Для этого введем на физическом уровне пакет синхронизации. Он будет передаваться в начале каждого мультикадра и обеспечивать подстройку частоты приемопередающей аппаратуры терминалов и синхронизацию временных шкал терминалов.

2.8.3. Определение типов пакетов физического уровня, пояснение структуры полей пакетов каждого типа.

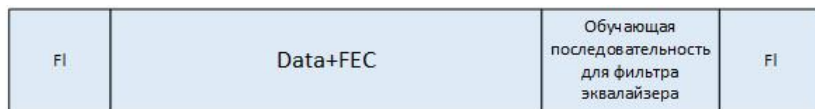


Рис.1 Структура пакета L1 уровня

С помощью пакета L1 уровня будут передаваться сообщения всех ЛК.

Назначение полей пакета L1 уровня:

Поля FI

Хвостовые биты, которые располагаются в начале и конце пакета, защищают информацию при сдвиге слота.

Поле Data+FEC

Представляет собой L2-сообщение соответствующего ЛК и вносимые сверточным кодером избыточные биты.

Поле обучающей последовательности для фильтра эквалайзера

Служит для оценки ИХ канала связи. В этом поле передается обучающая последовательность, необходимая для настройки фильтра-эквалайзера на приемной стороне.

Для синхронизации используется определенный пакет, размерность которого совпадает со структурой, описанной выше. Передается такой пакет один раз в мультикадр. Прием такого пакета позволит всем терминалам синхронизироваться по частоте и времени.

2.8.4. Построение временной диаграммы, отражающей двустороннюю доставку всех видов пакетов L1 уровня. Оценка пропускной способности физического канала связи с учетом избыточности, вносимой на L1-уровне. Оценка требуемой полосы частот.

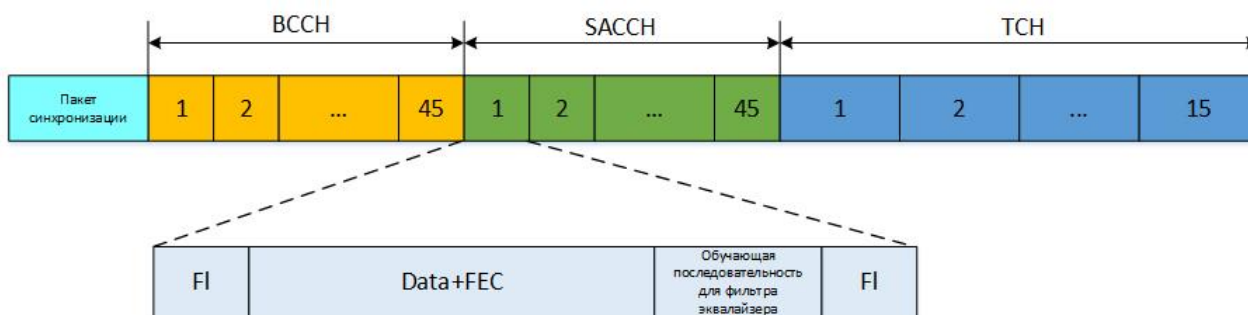


Рис. 2 Временная диаграмма обмена пакетами L1-уровня

В начале каждого мультикадра передается пакет синхронизации, потом передается пакет BCCH для того, чтобы терминалы стали полноправными участниками сети, также в рамках мультикадра выделены слоты под служебные сообщения и сообщений трафика. В соответствии с предыдущим пунктом пакет L1 уровня будет одинаковым для всех ЛК (кроме пакета синхронизации).

Оценим пропускную способность ФКС. Выбранный кодек GSM FR формирует речевой поток со скоростью 13 кбит/с, так как скорость сверточного кодирования $V=1/2$, то скорость будет равна 26 кбит/с. Добавим избыточность 10%, которую вносят поля хвостовых битов и поле обучающей последовательности для фильтра эквалайзера. В итоге получим скорость приблизительно равную 29 кбит/с.

Общая пропускная способность для всех ФК: $29 \text{ кбит/с} * 45 = 1305 \text{ кбит/с}$. Необходимая полоса частот для QAM-16 составит 653 кГц.

2.8.5. Обоснованный выбор частотного диапазона (на основании документов ГКРЧ); аргументированный выбор модели оценки потерь при распространении радиоволн

выбранного диапазона, расчет уровня потерь.

На основании таблицы распределения частот ГКРЧ (Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2011 г. №1049-34 «Об утверждении Таблицы распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства Российской Федерации») выберем несущую частоту равной 5651 МГц (в диапазоне 5650 МГц - 5725 МГц, отведенном для любительской и радиолокационной связи), при использовании первого профиля, т.е. при QAM-16 модуляции занимаемая полоса частот составит от 5650,953 МГц до 5651,606 МГц.

В качестве модели оценки потерь выберем модель Окамуры-Хата, так как эта модель обеспечивает высокую точность определения потерь в условиях плотной городской застройки. В соответствии с моделью потери будут определяться по формуле:

$$L = 69,55 + 26,16 \lg(f) - 13,82 \lg(h_{T1}) + \\ + (44,9 - 6,55 \lg(h_{T1})) \lg(r) - \alpha(h_{T2}).$$

Где $f = 5651$ МГц – несущая частота;

r – расстояние между терминалом-источником и терминалом-получателем. Примем это расстояние максимально возможным в соответствии с техническим заданием - 0,6 км.

$h_{T1} = 1,6$ м – высота антенны терминала-источника;

$h_{T2} = 1,6$ м – типовая высота антенны терминала-получателя;

$\alpha(h_{AC})$ – поправочный коэффициент, учитывающий высоту антенны в терминала-получателя зависимости от местности.

Рассчитаем поправочный коэффициент:

$$\alpha(h_{AC}) = -(0,7 - 1,1 \lg(f) h_{AC}) - 1,56 \lg(f) + 0,6 = \\ = -(0,7 - 1,1 \lg(5651) * 1,6) - 1,56 \lg(5651) + 0,6 = 0,65.$$

Рассчитаем потери:

$$L = 69,55 + 26,16 \lg(5651) - 13,82 \lg(1,6) + \\ + (44,9 - 6,55 \lg(1,6)) \lg(0,6) - 0,65 = 154,6 \text{ дБ.}$$

Т.е. уровень потерь на границе зоны радиопокрытия в частотном диапазоне от 5650,953 МГц до 5651,606 МГц составит 154,6 дБ.

2.8.6. Расчет отношения сигнал/шум, требуемого для обеспечения заданной вероятности битовой ошибки для выбранного вида и типа модуляции/демодуляции без помехоустойчивого кодирования. Обоснование выбора метода помехоустойчивого кодирования, перемежения/деперемежения, расчет эффективности кодирования. Повторный расчет отношения сигнал/шум с учетом метода помехоустойчивого кодирования. Окончательная оценка требуемой полосы частот.

Для определения отношения сигнал/шум, требуемого для обеспечения заданной вероятности битовой ошибки для модуляции QAM-16 без помехоустойчивого кодирования воспользуемся утилитой bertool, входящую в состав программ среды MATLAB.

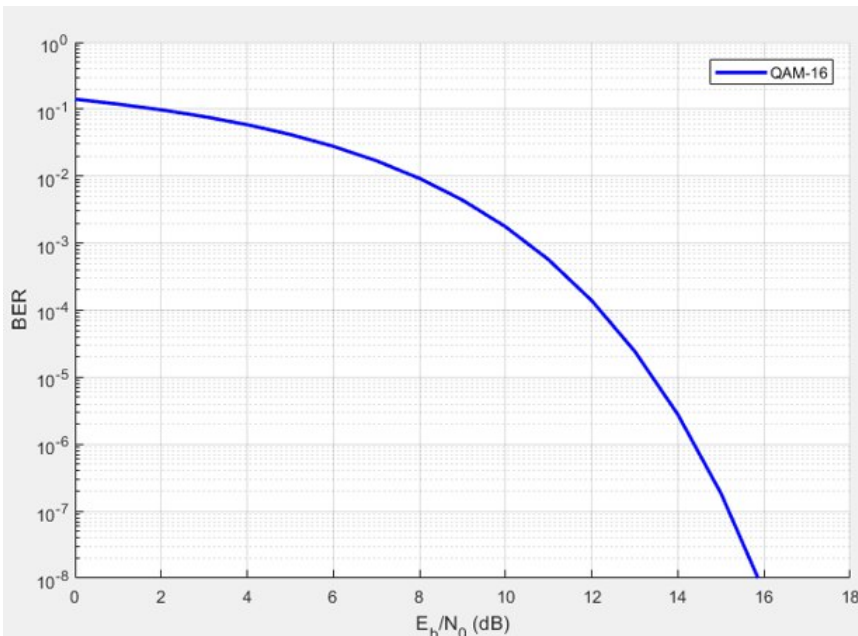


Рис. 3 Зависимость битовой ошибки от ОСШ без помехоустойчивого кодирования

На основании графика получим, что вероятность битовой ошибки $P_{\text{ОШ}} = 10^{-6}$ достигается при ОСШ = 14,4 дБ.

В данной системе будет использоваться помехоустойчивое сверточное декодирование по алгоритму Витерби, а также сверточный алгоритм перемежения и деперемежения битов.

Построим зависимость вероятности битовой ошибки от ОСШ с учетом помехоустойчивого кодирования

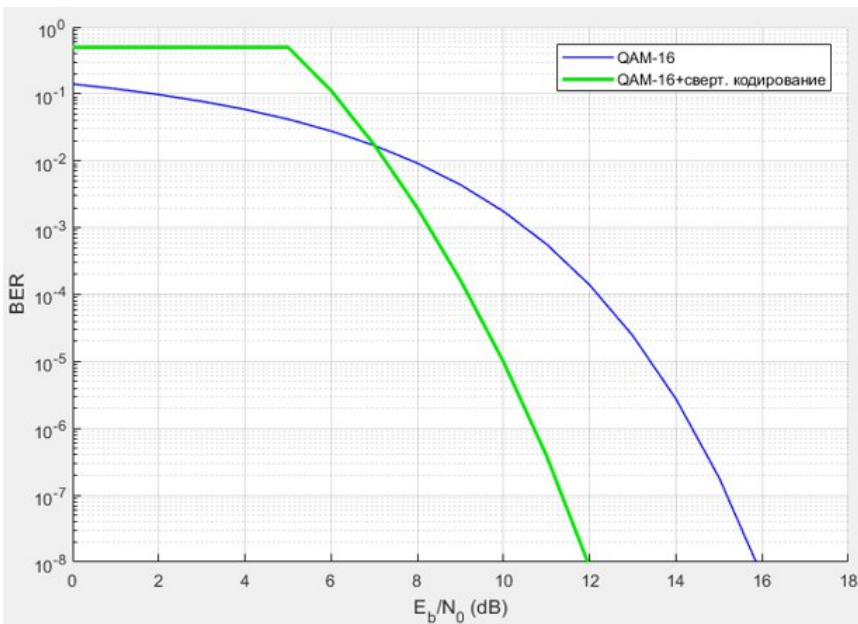


Рис. 5 Зависимость битовой ошибки от ОСШ с учетом кодирования

Как видно из рисунка, использование сверточного кодирования для заданного значения P_B позволяет снизить значения ОСШ для QAM-16 – 10,7 дБ.

При использовании избыточного кодирования выигрыш для QAM-16 составит 3,7 дБ.

Посчитанную в пункте 2.8.4 требуемую полосу частот оставим без изменений $\Delta f=653$ кГц.

2.8.7. Обоснование размерности полей пакетов каждого типа. Расчет временного масштаба, отражающей двустороннюю доставку всех видов пакетов L1 уровня (п.2.8.4).

Пропускная способность одного ФК равна 29 кбит/с. Допустим, что один L1 пакет несет 10 мс речи, соответственно размер этого пакета будет равен 290 бит. Поле Data+FEC будет содержать 130 бит трафика + 130 избыточных битов, т.е. Data+FEC=260 бит. Остается 30 бит, которые нужно распределить. Соответственно, поле обучающей последовательности для фильтра

эквайзера будет содержать 20бит, поля F1 будут иметь размер по 5 бит.



Рис.6 Структура L1-пакета с учетом размеров

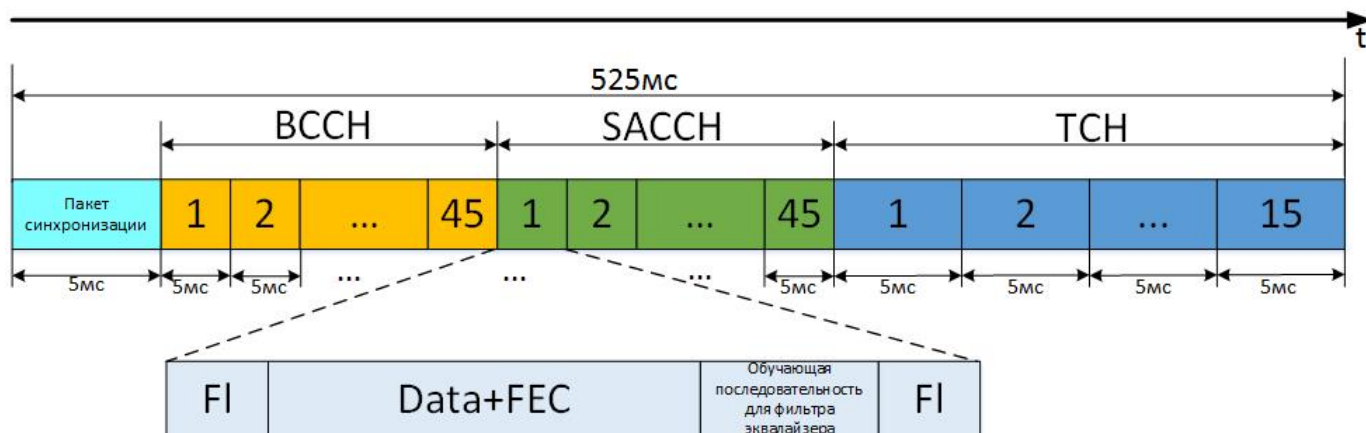


Рис.7 Временная диаграмма обмена пакетами L1-уровня с учетом масштаба времени

.Весь цикл доставки сообщений составит 525 мс. Пакет L1-уровня в пределах таймслота будет иметь длительность 2,5 мс.

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

В п. 2.8.6 было установлено, что эффективная полоса для QAM16 $\Delta f = 653$ кГц.

Произведем оценку уровня мощности передачи для QAM-16:

Шумовая полоса приемника:

$$\Delta f_{ш} = 1,1 * \Delta f = 1,1 * 653 \text{ кГц} = 718,3 \text{ кГц.}$$

Мощность шума на выходе приемника:

$$P_{ш} = k * T * \Delta f_{ш} = 1,23 * 10^{-23} * 295 * 718,3 * 10^3 = 2,61 * 10^{-15} \text{ Вт} = -145,83 \text{ дБ.}$$

Где $k = 1,23 * 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана; $T = 295$ К – шумовая температура.

Аналоговое ОСШ (SNR):

$$E_b/N_0 = 10,7 \text{ дБ;}$$

$$SNR = E_b/N_0 + 10 * \lg (\Delta f / \Delta f_{ш}) = 10,7 + 10 * \lg ((653 * 10^3) / (718,3 * 10^3)) = 10,3 \text{ дБ}$$

Чувствительность приемника:

$$P_{прм} = P_{ш} + N_k + SNR.$$

Коэффициент шума первых каскадов приемника примем равным $N_k = 5$ дБ.

$$P_{прм} = -145,83 + 5 + 10,3 = -130,53 \text{ дБ}$$

Расчитаем мощность излучения подвижной станции:

$$P_{изл} = P_{прм} + L_{total} - G_t - G_r;$$

$L_{total} = 154,6$ дБ – суммарные потери на трассе распространения сигнала (расчитанные в п. 2.8.5);

$G_t = 2$ дБ – КНД передающей антенны;

$G_r = 2$ дБ – КНД приемной антенны;

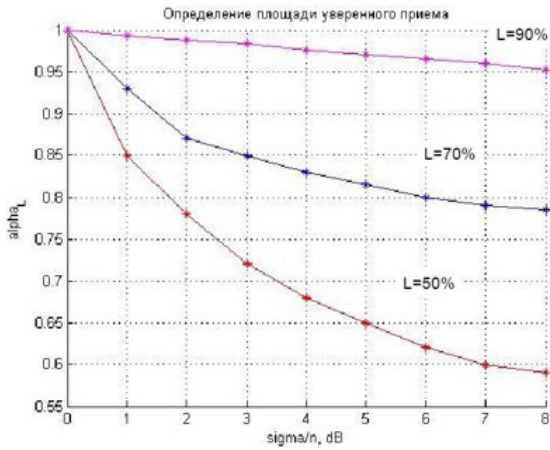
$$P_{изл} = -130,53 + 154,6 - 2 - 2 = -20,07 \text{ дБ} = 0,09 \text{ Вт}$$

Оценим область уверенного приема в 90% точек. Расчет зоны радиопокрытия осуществляется по следующей формуле:

$$r_{90} = 10^{\frac{W+\sigma}{10+n}} * r_{50}$$

Примем $\sigma=9$ и коэффициент потерь $n=4$

По графику определим значение r_{50} ($r_{50}=0,76$)



Определим значение функции Лапласа по таблице:

$$PR=90\%; W((100-90)/100) = W(0,1) = 0,26$$

Зона при радиопокрытии при PR=90%:

$$r_{90} = 10^{\frac{W+\sigma}{10+n}} * r_{50} = 10^{\frac{0,26+9}{10+4}} * 0,76 = 0,869 = 869\text{м}$$

2.8.9. Построение функциональной схемы разработанного физического уровня

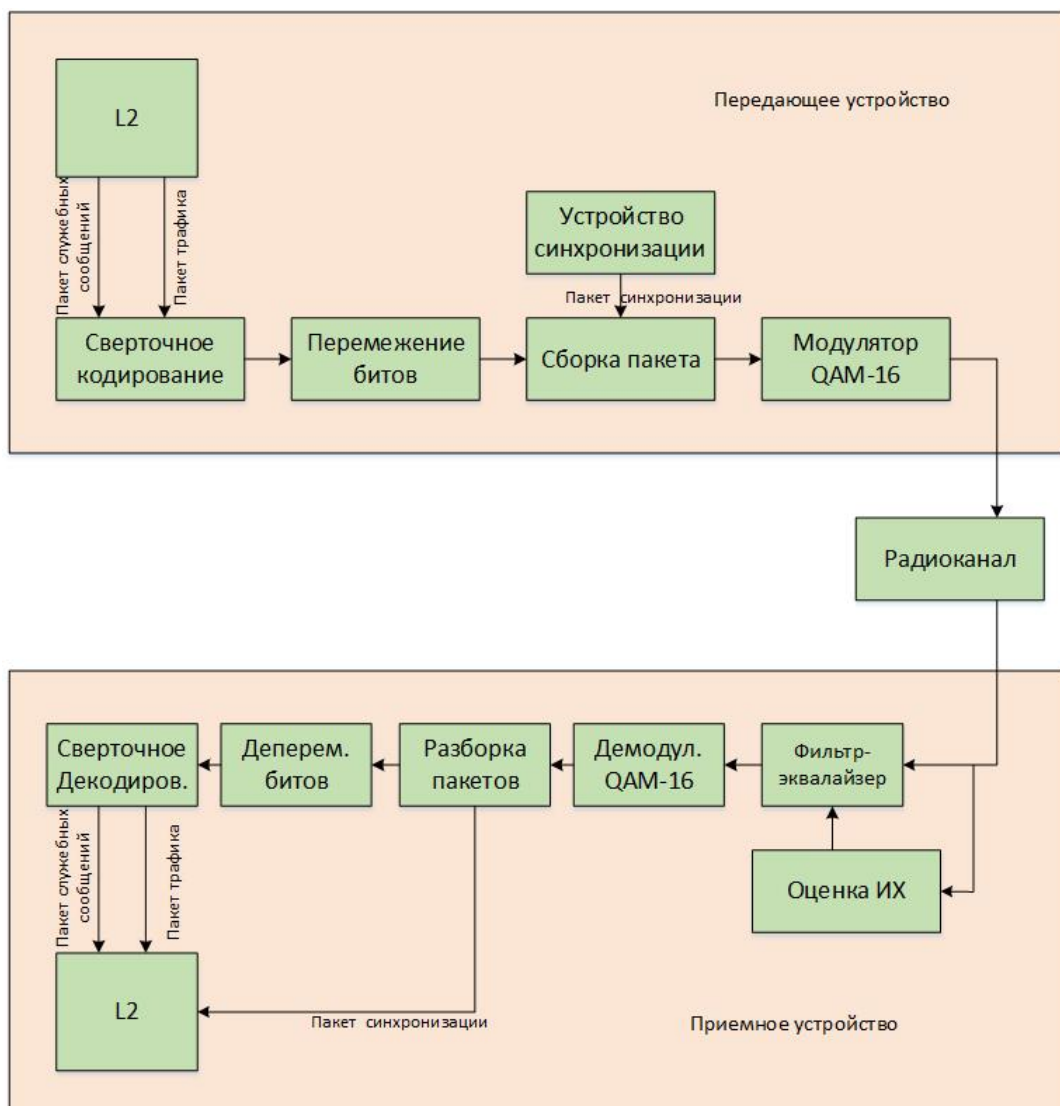


Рис.8 Функциональная схема физического уровня

На сверточный кодер с L2-уровня поступают пакеты служебных сообщений, также на кодер поступают пакеты пользовательского трафика непосредственно с кодека. Пришедшие пакеты подвергаются избыточному кодированию, т.е. $V=1/2$. Сформированные биты подвергаются перемежению, для устранения возможных групповых ошибок. Перед передачей пакетов по радиоканалу необходимо полностью сформировать пакет физического уровня, т.е. добавить поле обучающей последовательности для фильтра эквалайзера и битовые флаги. Пакет синхронизации сразу поступает на блок сборки, подвергается модуляции и передается по радиоканалу. Такой пакет передается один раз в мультикадр.

В системе предусмотрен блок оценки ИХ, для приема сигнала с минимальными ошибками. Он вычисляет корреляцию принимаемого сигнала с обучающими последовательностями, полученная оценка подается на эквалайзер, где происходит компенсация искажений. На приемной стороне происходят обратные операции.

Список используемой литературы:

1. Курс лекций по дисциплине «Системы и сети связи с подвижными объектами» Бакке А.В., 2017 год.
2. Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2011 г. N 1049-34 "Об утверждении Таблицы распределения полос радиочастот между радиослужбами Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства Российской Федерации" (выписка).
- 2.8.1. Анализ и обоснованный выбор мер по защите приема от многолучевости, искажений и помех в канале связи. При необходимости, проработка профилей физического уровня и сценария их выбора.

