

КП "Радиосистема передачи измерительных данных". Часть 3 (доработанная)



Минаев Илья Геннадьевич, 2 декабря 2011г.

Введём следующие сокращения:

Счётчик, конечное устройство- КУ

точка сбора- ТС

подвижная станция- ПС

1.7 Построение канального уровня системы.

В нашей системе используются простые топологии типа точка-многоточка, что сильно облегчает адресную доставку. Сообщения от КУ поступают непосредственно на ТС. Нет передачи пакетов через другие КУ или другие ТС. Поэтому, для того, чтобы терминалы рассматривали предназначенные для них сообщения, необходимо что бы приёмная сторона, анализировала идентификационные номера, сверяла их с ID, находящимися в регистрах своей информационной системы. И если принятого ID в регистрах нет, то пакет будет отбрасываться. Свой идентификатор должен быть у каждого участника сети. Конечные устройства получают уникальный ID, не повторяющийся как минимум в рамках данного поселения. Этот ID хранится в базе данных ТС, в чьей сети находится КУ, а также общей базе данных поселения. Соответственно, получая пакеты данных от различных КУ, ТС анализирует принадлежность к сети передающего терминала, и принимает решение об обработке или игнорировании пакета.

У каждой ТС также имеется уникальный идентификатор. При построении сети «точка сбора- конечные устройства», этот ID сохраняется в памяти каждого КУ в сети. Поэтому при получении широковещательной посылки, КУ начинает борьбу в случае если в кадре присутствует ID своей ТС. Соответственно в кадрах подтверждения/ошибки должны присутствовать 2 ID- ТС и КУ, которой он предназначается. ПС хранит в своей базе все ID ТС, либо идентификаторы точек своей зоны обслуживания, в случае если поселение больших размеров (в большом городе используется несколько подвижных станций, каждая из которых постоянно обслуживает только некоторые районы).

1.7.2. В связи с простотой сети отпадает необходимость управления потоком сообщений.

Применять ARQ в данной системе не только возможно, но и нужно, в связи с важностью точности данных. КУ посылает небольшое число данных, которое умещается в рамках одного пакета. В рамках одного мультикадра, КУ передаёт 1 пакет. И если произошла ошибка, то КУ передаёт его заново, пройдя цикл борьбы за канал (см статью 2). В случае передачи данных от ТС к ПС, речь идёт о других размерах информации. Передавать в одном пакете данные только одного счётчика, ТС энергетически не выгодно. Большую часть времени будет занимать биты, не относящиеся к данным. Но передавать все данные в одном пакете тоже не удобно, объём трафика достаточно велик. Приходится использовать несколько пакетов. Дабы в случае ошибки не возобновлять передачу сначала, пакеты номеруются. И в случае ошибки, ПС шлёт запрос на повторную передачу нужного пакета. Повторная передача произойдёт после отправки пяти пакетов, следующих после неудачи или сразу после последнего пакета, если их осталось меньше 5. При этом время передачи увеличится. Смысла резервировать временной интервал по-моему нет, т к повторная передача начинается и канал остаётся занятым. Правда, если ошибка произошла в последнем пакете, то, пока ТС будет готовить пакет, может образоваться свободное временное окно, в которое начнёт передачу другая ТС. Потому, если ПС отправила запрос на повторную передачу какой-то ТС, то она должна дождаться этого пакета, посылая сигнал «занято» в канал. Если произошло три неудачи, то попытки повторной передачи должны быть прекращены, что бы не произошло заикливание. ПС должна сделать соответствующую пометку в своём журнале.

Каждая сеть «точка сбора- конечные устройства» по всей видимости будет находиться внутриотдельного здания. Характеристика такого канала вряд ли будет серьёзно изменяться, особенно если использовать малодоступный для людей (источников помех) частотный диапазон. Нет смысла усложнять счётчики, добавляя систему адаптивного изменения скорости передачи. Другое дело сеть «точки сбора- подвижная станция». Характеристика используемого канала может изменяться серьёзно. Но и в этой сети нет необходимости изменения скорости.

1.7.4. В данной системе будет использоваться 3 вида сообщений: маяки, данные, подтверждения.

Маяк является широковещательной информацией, которая предназначается всем членам сети. Поэтому для передачи

маяков используется широковещательный канал BCCH. Данные передаются по каналу трафика TCH. Для передачи подтверждений используется канал сигнализации SCH.

Расчёт пропускной способности ЛКС:

Зададимся пропускной способностью физ канала- 50 кбит/с.

1) BCCH. Пакет этого уровня состоит из следующих полей: 4 бит IDTC, 4 бита метки, 4 бита параметров мультикадра, 3 бита контрольной суммы, 1 бит защитного интервала. Итого: около 16 бит. Это значение примерно равно пятой части от величины пакета физ уровня (см ниже). Поэтому пропускная способность этого канала = 1.4 кбит/с

2) SCH: 6 бит IDKU, 4 бита метки, 3 бита управления, 1 бит защитного интервала. Итого: около 14 бит. Примерно то же значение- 1.4 кбит/с

3) TCH: 6 бит IDKU, 4 бита метки, 3 бита управления, 32 бита данных, 1 бит защитного интервала. Итого: около 48 бит. —это для случая «КУ- TC»

Трафик системы определяется полем DATA пакетов MAC уровня. Это поле состоит непосредственно из показаний счётчика- 8 десятизначных чисел, или 24 бита и поля управления- 6 бит, 6 бит контрольной суммы. КУ передаёт трафик TC объёмом 32 бита в одном пакете. Трафик между TC и PC существенно больше. В одном пакете TC должно передавать больше данных- показания нескольких счётчиков и их ID. Если в пакете передавать данные о 10 счётчиках, то поле DATA будет иметь $30 \cdot 10 + 6 \cdot 10 + 8 = 350$ бит.

Пропускную способность канала трафика рассчитаем для случая максимальной передачи данных, т. е. от TC к PC. Размер такого пакета- примерно 350 бит. Размер пакета на физ уровне – 600 бит. Пропускная способность канала трафика- 30 кбит/с.

Таблица 1. ЛКС

КАНАЛ СВЯЗИ			
НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ	ТИП	ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ
КАНАЛ ОБЩЕЙ ИНФОРМАЦИИ	BCCH	F	1.4 КБИТ/С
КАНАЛ СИГНАЛИЗАЦИИ	SCH	F	1.4 КБИТ/С
ТРАФИКА	TCH	R	30 КБИТ/С

1.7.3. Обеспечение достоверности будет реализовываться за счёт сравнения принятого пакета с параметрами этого пакета, хранящимися в нём же, такими как контрольная сумма и др. Решение о повторной передаче принимается на MAC уровне. Важным является вопрос: нужно ли применять исправление ошибок? Считаю что нужно, и во всех ЛКС:

1) широковещательная посылка- в случае ошибки, принимающие терминалы должны пытаться их исправить, потому как следующая посылка придёт только в следующем мультикадре, и если какой то терминал не среагирует на маяк, то данные не будут переданы. Особенно остро проблема стоит при обмене между TC и PC.

2) пакет подтверждения. Если терминал примет его с ошибкой, то начнёт повторную передачу, да же если предыдущая была успешной. Трата ресурсов. Поэтому в этом пакете так же необходимо исправление.

3) всё по той же причине (экономия ресурсов) считаю необходимым исправление

1.7.5. Доступ к физ каналу будет происходить по алгоритму CSMA/CA. В системе существует один широкополосный КС, который может быть выделен единственному терминалу. Доступом к этому каналному ресурсу управляют непосредственно терминалы. После получения маяка, терминал снимает показания счётчика и проверяет занятость канала. После этого, терминал выбирает случайное время ожидания, по истечении которого вновь проверяет статус КС, и если он свободен- начинает передачу. Если нет, то снова ждёт интервал времени и вновь проверяет. И так пока не будут успешно переданы данные. Сигналы линии «вниз» не чувствуют в конкурентном доступе.

В данной системе будет использоваться только один профиль физ уровня.

1.7.6. Пакеты канального уровня.



рис 1.Пакет кадра маяка

Кадр маяка содержит: пару бит защитного интервала, IDТС, по которому КУ понимают принадлежность кадра к своей сети, метку кадра маяка- фактически команду на переход терминалов в активный режим, некие параметры мультикадра, например его номер и т п, а так же контрольную сумму, для обеспечения достоверности.



рис2. Пакет кадра подтверждения/ошибки

Пакет подтверждения (рис 2.) помимо защитного интервала и контрольной суммы, несёт IDКУ, которому он адресуется, а также поле управления, в котором заложена информация о виде кадра (подтверждение или ошибка) а также команда на переход в состояние сна или повторной передачи соответственно.



рис 3. Пакет данных

Этот пакет помимо прочего, имеет номер (в случае передачи от ТС к КУ), А так же поле данных.

Размеры всех полей пакетов в п 1.7.4.

1.7.7. Схема обмена сообщениями между объектами.

Что бы установить соединение между ТС и КУ, ТС должна послать широкополосное сообщение по каналу ВССН (см рис 4.). Это сообщение принимают все КУ, после чего вступают в стадию конкурентного доступа. То КУ, которому удалось выиграть борьбу за канал, начинает передачу трафика по каналу ТСН. В это время канал является занятым, другие КУ ждут, пока он не освободится. После окончания передачи ТС посылает передавшему КУ сигнал подтверждения/ошибки, канал становится свободным и одно из оставшихся устройств начинает свою передачу.

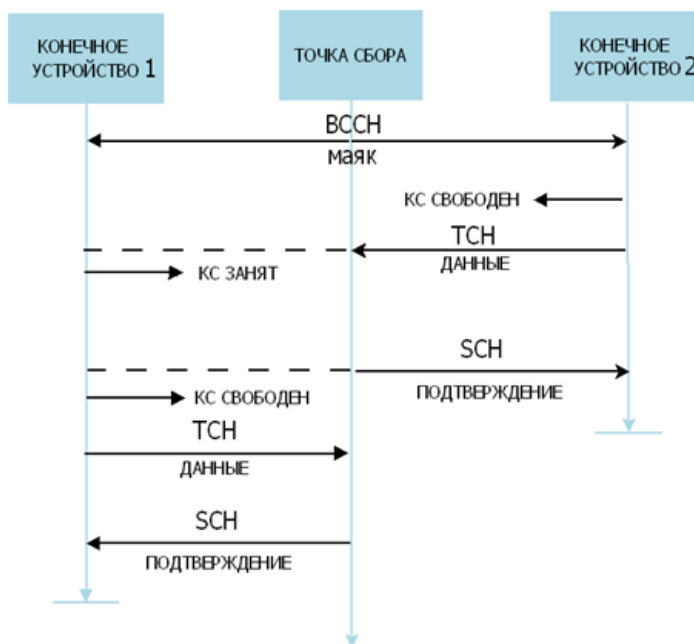


рис 4. Схема обмена сообщениями между объектами

1.8. Разработка физического уровня системы

1.8.1. Выберем пропускную способность физического канала равной 50 кбит/с

1.8.2. В рамках данной системы для защиты от многолучёвости будем использовать эквалайзер. Более сложные системы, связанные в частности с расширением спектра в данном случае не подходят. Хотя ничего сложней и не нужно. Подвижным является только один объект системы, скорость передачи низкая. Скорее всего в системе будут преобладать медленные замирание. Поэтому использовать временное разнесение то же не стоит. Для борьбы с такими замираниями хорошо подходит эквалайзер с обратной связью по решению (см рис 5) – это нелинейное устройство, использующее предыдущее решение детектора для устранения межсимвольной интерференции из импульсов, демодулируемых в настоящий момент. Поскольку причиной интерференции являются хвосты предыдущих импульсов, по сути, из текущего импульса вычитается искажение, вызванное предыдущими импульсами.

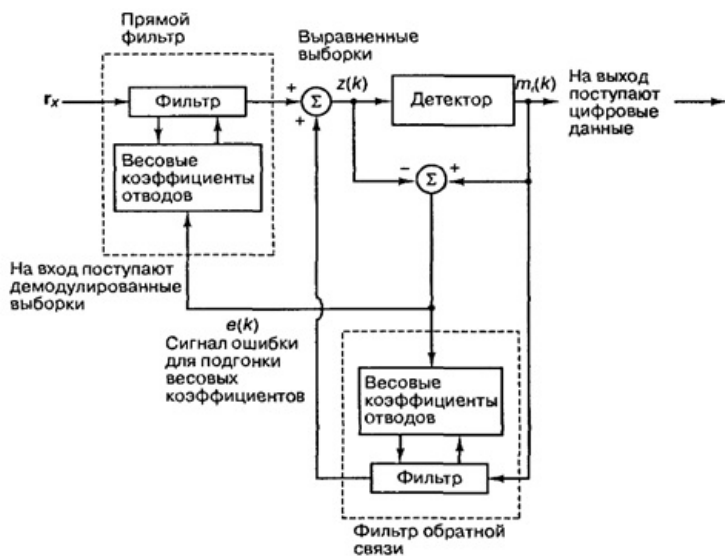


рис 5. эквалайзер с обратной связью по решению

1.8.3. Так как у нас низкоскоростная система, то нет смысла работать на высоких частотах. Это усложнит синхронизацию. К тому же для нашей системы стоит использовать не лицензируемый или радиолобительский диапазон. ГКРЧ: **О выделении полос радиочастот для радиоэлектронных средств любительской и любительской спутниковой служб:** 1. Выделить полосы радиочастот 135,7-137,8 кГц, 1810-2000 кГц, 3500-3650 кГц, 3650-3800 кГц, 7000-7200 кГц, 10100-10150 кГц, 14000-14350 кГц, 18068-18168 кГц, 21000-21450 кГц, 24890-24990 кГц, 28000-29700 кГц, 144-146 МГц, 430-440 МГц, 1260-1300 МГц, 5650-5670 МГц, 5725-5850 МГц, 10-10,5 ГГц, 24-24,05 ГГц, 24,05-24,25 ГГц, 47-47,2 ГГц, 76-77,5 ГГц, 77,5-78 ГГц, 122,25-123 ГГц, 134-136 ГГц, 136-141 ГГц, 241-248 ГГц, 248-250 ГГц для разработки, модернизации и производства юридическими и физическими лицами РЭС любительской службы, а также полосу 2320-2320,15 МГц для проведения экспериментальных радиосвязей с использованием Луны в качестве пассивного ретранслятора, без оформления отдельных решений ГКРЧ для каждого типа РЭС при условии, что технические характеристики разрабатываемых, производимых и модернизируемых РЭС соответствуют основным техническим характеристикам, указанным в приложении № 1 к настоящему решению ГКРЧ.

Выберем несущую частоту, равной 29 МГц.

Оценим уровень потерь при распространении спомощью модели Окамуры ($h_{bc}=18$ м, $h_{ac}=2$ м, $R=0.4$ км):

$$L = 69.55 + 26.16 \lg F - 13.82 \lg h_{bc} - (1.1 \lg F - 0.7) h_{ac} - (1.56 \lg F - 0.8) + (44.9 - 6.55 \lg h_{bc}) \lg R$$

$$L = 72.5 \text{ дБ}$$

$$L_{Los} = 27.56 - 20 \lg f - 20 \lg r = 53.7 \text{ дБ} \text{ – затухание в свободном пространстве}$$

система должна работать в узкой полосе частот, а так же иметь высокую достоверность при как можно меньшей затрачиваемой мощности. С учётом того, что не требуется высокая скорость, нам вполне подходит простая и надёжная QPSK

Расчёт ОСШ, требуемый для обеспечения заданной вероятности битовой ошибки:

$$\Delta f = R/2 = 25000 \text{ Гц} \text{ - минимальная полоса пропускания}$$

$$Пш = \Delta f * 1.1 = 27500 \text{ Гц} \text{ – шумовая полоса приёмника}$$

$$N_k = 10 \text{ дБ} \text{ – коэффициент шума каскадов прм}$$

$T = 296 \text{ K}$ – шумовая температура

$P_{\text{ш}} = k \cdot T \cdot \Delta f = 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 296 \cdot 27500 = 11233,2 \cdot 10^{-20} = -159,5 \text{ дБ}$ – мощность шума

График зависимости битовой ошибки от ОСШ для QPSKQ(E_b/N_0) имеет вид:

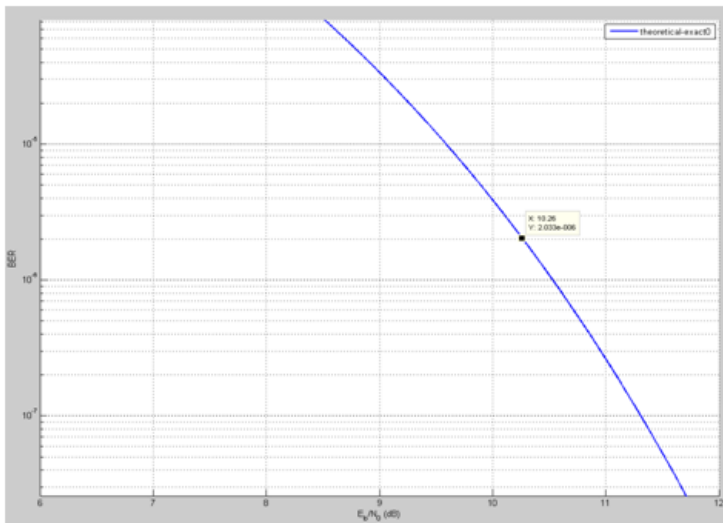


рис 6. График зависимости битовой ошибки

для вероятности ошибки $2 \cdot 10^{-6}$ – ОСШ = 10.25 дБ

1.8.4. В качестве канального кодера выберем блочный код. Он более прост в реализации, а так же он не просто исправляет ошибки, но и обнаруживает их.

Минимальный размер поля DATA составляет 32 бита, в случае передачи от КУ к ТС. Поэтому будем использовать код (32, N). Так как в трафике между ТС и ПС блоки данных существенно больше (350 бит), то, возможно, было бы эффективнее использовать 2 кодера в системе. Но это существенно усложнит ТС, ей придётся перестраиваться с одного кодирования на другое. Поэтому не будем усложнять систему, и остановимся на коде (32, 48).

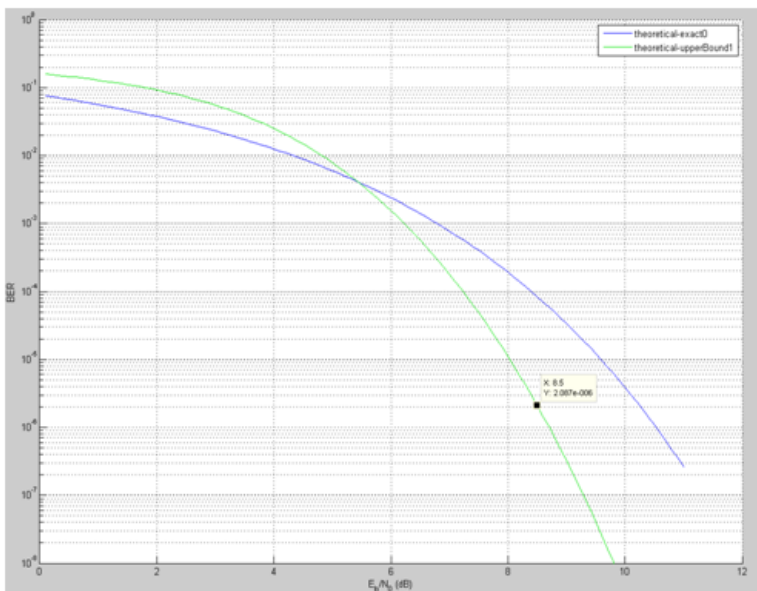


рис 7. График зависимости битовой ошибки при использовании кодирования и без

ОСШ = 8.5 дБ

$R_{\text{прм}} = P_{\text{ш}} + N_k + E_b/N_0$ – чувствительность приёмника

$R_{\text{прм}} = -159,5 + 10 + 8,5 = -141 \text{ дБ} = 7,94 \cdot 10^{-15} \text{ Вт}$,

примем $R_{\text{прм}} = 8 \cdot 10^{-15} \text{ Вт} = -140,9 \text{ дБ}$

$G_{\text{прд}} = 2 \text{ дБ}$ – коэффициент усиления передатчика

$G_{\text{прм}} = 2 \text{ дБ}$ - коэффициент усиления приёмника

$P_{\text{прд}} = 72.5 - 140.9 - 2 - 2 = -54.4 \text{ дБ} = 3.6 \text{ мкВт} < 0.2 \text{ Вт}$

Выбор перемежения.

Для передачи в многолучевом канале основным преимуществом перемежения является осуществление временного разнесения (при использовании совместно с кодированием). Чем больше интервал времени, на который канальные биты разделены, тем больше шансов, что смежные биты будут подвержены некоррелированным проявлениям замираний. Время чередования T_d должно быть больше времени когерентности канала T_o .

$T_o = 0.5/F_d$, где F_d - доплеровское смещение. Максимальная скорость подвижной станции- примерно 60 км/ч. максимальное $F_d = v * F/c = 1.61 \text{ Гц}$

$T_o = 0.31 \text{ с}$ Такой временной интервал в данной системе не может быть обеспечен (длительность пакета 12мс). Поэтому будем использовать перемежение с $T_o = 9 \text{ мс}$

1.8.6.



рис 8. Структурная схема физического уровня

На вход передатчика физ уровня (см рис 8) поступает поток бит. Сначала с ним производятся цифровые манипуляции, а потом он переводится в аналоговый гармонический вид, дабы согласоваться с КС. На приёмной стороне происходят обратные манипуляции. «Приёмнику» и «Передатчику» имеются в каждом устройстве системы. Это две параллельные ветви. Необходимость и принцип работы отдельных блоков были описаны выше.

1.8.7. На физическом уровне будут использоваться следующие логические каналы:

- 1) канал синхронизации- по нему передаётся таймерный сигнал, который нужен для тактовой синхронизации на приёмной стороне.
- 2) FSSN- канал подстройки частоты. передаются данные для битовой синхронизации, такие как фаза несущей и тп

1.8.8. Структура пакета физ ур

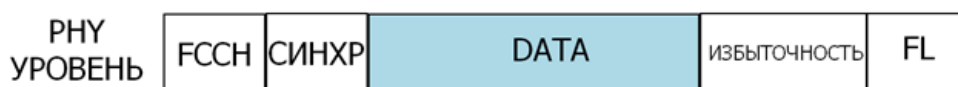


рис 9. Пакет PHY

Он состоит из из полей: параметры частоты, параметры синхронизации, защитный интервал, данные, которые являются пакетами канального уровня (см выше) и поле избыточной информации. Размер пакета зависит от поля Data, которое имеет наибольший размер, при передаче данных от ТС к ПС, а именно 350 бит. Избыточность от канального кодирования- 175 бит. FSSN и таймерный сигнал- это около 25 бит. Получаем, что максимальный размер пакета в сети- 600 бит. Если скорость передачи в системе 50 кбит/с, то для передачи пакета требуется около 12мс.

