

# КП "Система сбора данных с подвижных станций".

## Часть 2. Доработанная



Маркина Кристина, 27 ноября 2011г.

Представлю далее построение иерархической модели разрабатываемой системы в соответствии с рекомендациями OSI.

Рассмотрение начнем с физического уровня. Физический уровень – это нижний уровень модели, необходимый непосредственно для передачи потока данных. На физическом уровне определяются правила взаимодействия двух сетевых устройств, соединенных друг с другом. Для эффективной реализации поставленных задач нужно оптимальным образом подобрать параметры функционирования системы связи на физическом уровне. Необходимо выбрать используемый вид модуляции, вид помехоустойчивого кодирования, параметры перемежения, способы устранения интерференции и борьбы с многолучевым распространением. Так же нужно задать параметры синхронизации и обеспечить возможность выбрать профиль функционирования системы с точки зрения качества канала связи. Должна существовать система индикации качества канала связи, основываясь на данных которой, возможно было бы сменить вид модуляции, помехоустойчивого кодирования и перемежения. Пусть существует 2 профиля функционирования системы: низкое качество канала связи и высокое качество канала связи. По умолчанию будет действовать профиль для канала связи с высоким качеством, по мере необходимости его можно заменить профилем для канала с низким качеством. Это будет происходить следующим образом. Точка сбора данных (ТСД) находится в поиске радиомаяков, посылает пакеты опроса. Первому обнаруженному устройству выделяется весь каналный ресурс, происходит передача данных при использовании профиля, принятого по умолчанию. За счет того, что передает только один радиомаяк, время передачи будет очень малым. По принятии пакетов ТСД анализирует количество потерянных пакетов и сравнивает полученное значение с определенным пороговым уровнем. Если была принята с ошибками слишком большая часть информации, то в пакете запроса повторной передачи передается так же команда сменить профиль работы. Далее при поиске всех остальных устройств, информация о том, что нужно переключить профиль работы будет передана непосредственно в пакете опроса. Нужно учесть, что система должна работать в узкой полосе частот и обеспечивать высокую достоверность передачи данных. Для первого профиля (низкое качество канала связи) возможно использование модуляции QPSK. Этот вид модуляции обеспечивает не очень высокую скорость передачи данных, но при этом является достаточно помехоустойчивым. В качестве помехоустойчивого кодера, функционирующего в условиях плохого канала связи выберем сверточный кодер, предположительно со скоростью кодирования  $2/3$ , это значит, что на 2 информационных бита приходится 3 избыточных. Структура перемежителя слабо влияет на его эффективность, поэтому способ перемежения не будет зависеть от качества канала связи. Для второго профиля функционирования системы возможно использование модуляции 16-PSK. Этот вид модуляции более чувствителен к помехам в канале, но при этом позволяет увеличить скорость передачи данных. Так же для данного профиля будем применять сверточный кодер, предположительная скорость кодирования будет  $1/2$ , это означает, что на один информационный бит приходится один избыточный. Все приведенные параметры на данном этапе проектирования являются только предположительными, окончательное решение о используемых видах модуляции и скоростях помехоустойчивого кодирования будет принято после проведения энергетического расчета.

Для борьбы с многолучевостью оснастим приемники устройств сети эквалайзерами, которые осуществляют компенсацию неравномерностей характеристик канала связи. Для осуществления компенсации будет передаваться настроечная последовательность, известная всем устройствам сети. На приемной стороне по виду этой настроечной последовательности можно будет определить, какие искажения присутствуют в канале и соответствующим образом подстроить характеристику эквалайзера.

В системе необходима тактовая и битовая синхронизация. Для реализации битовой синхронизации приемники будут оснащены системой фазовой автоподстройки частоты. Этот метод хорошо работает вместе с модуляцией PSK, которая возможно будет использоваться в проектируемой системе связи. Так как в системе используется временное разделение канала для реализации множественного доступа, необходима кадровая синхронизация. Для ее реализации введем использование синхронизирующего кодового слова в заголовке сообщения. Приемник знает это кодовое слово и постоянно ищет его в потоке данных. Для поиска такого слова используем коррелятор, работа которого строится на согласованных фильтрах. Детектирование кадрового слова укажет на начало информационного кадра.

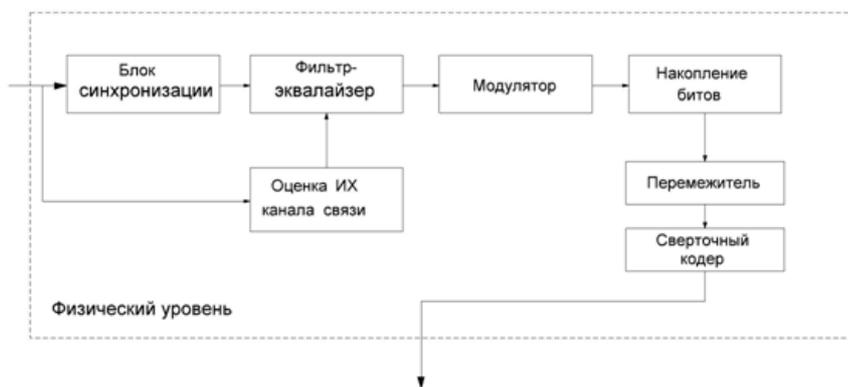


Рисунок 1. Схема физического уровня системы.

Канальный уровень в системе необходим для осуществления надежной доставки пакетов между радиомаяками и точками сбора данных(ТСД), а так же между ТСД и центром сбора информации (ЦСИ). Канальный уровень разделим на 2 подуровня. Первый это подуровень управления доступа к среде, а второй MAC-уровень, который отвечает за адресацию и формирование пакетов всех видов сообщений.

Подуровень управления доступом к среде (УДС) отвечает за механизм доступа к каналу связи. В системе используется временное разделение канала(TDMA). Опишем механизм работы TDMA с точки зрения подуровня УДС. ТСЧ по очереди опрашивает радиомаяки, при этом в пакете опроса каждому радиомаяку передается номер временного слота, в котором он будет производить передачу данных. Возможна ситуация, при которой только один радиомаяк в текущий момент времени будет находиться в зоне радиопокрытия ТСД. В таком случае весь ресурс канала предоставляется этому радиомаяку, т.е радиомаяк ведет передачу во всех слотах. После того, как ТСД приняла пакет с данными от радиомаяка, она посылает в ответ пакет подтверждения. Временные слоты, выделенные радиомаякам, разделены защитными интервалами для уменьшения интерференции. Совокупность временных слотов составляет кадр, по окончании кадра ТСД передает радиомаякам флаг подтверждения успешной передачи. Если данные с одного или нескольких радиомаяков были приняты неверно, ТСД вместо пакета подтверждения вновь отправляет запрос на передачу, в котором содержится информация о новых номерах временных интервалов, в которых будет вестись передача на этот раз (запрос с возвратом). Радиомаяк передаст не всю информацию снова, а только ту ее часть, что была утеряна. Если данные приняты ошибочно только в одного радиомаяка, он использует все слоты, если с нескольких, ресурсы канала делятся между ними, в то время как радиомаяки, успешно передавшие данные с первой попытки уже находятся в режиме сна. Все эти временные интервалы вместе, включая время на передачу флагов подтверждения и повторную передачу, называются мультикадром. Таким образом, структура мультикадра будет выглядеть следующим образом:



Рисунок 2. Структура мультикадра.

При передаче данных с ТСД на ЦСИ не стоит проблема деления канала связи, так как ТСД передают информацию по очереди, по мере прохождения участниками соревнований контрольных точек, соответственно ТСД может использовать весь каналный ресурс.

Рассмотрим структуру кадров всех видов сообщений в системе. Формирование кадров происходит на MAC-уровне. У каждого радиомаяка и каждой ТСД есть свой уникальный номер ID, по которому происходит обращение к устройству.

На физическом уровне структура кадров сообщений различных типов не будет отличаться. Кадр будет состоять из следующих полей: поле канала коррекции частоты, поле синхронизации, поле данных, закодированных сверточным кодером, поле настроечной последовательности эквалайзера и флаг окончания кадра. Поле канала коррекции частоты необходимо для подстройки несущей частоты, так как из-за движения или из-за разницы в работе генераторов частоты могут не совпадать. Поле синхронизации служит для передачи меток синхронизации, по которым будет происходить тактовая синхронизация и настройка ФАПЧ приемников. Данные на выходе

физического уровня представляют собой поток бит, прошедших кодирование сверточным кодером, т.е в соответствии с заданной скоростью кодирования к информационным битам добавляются проверочные биты и после этого происходит передача. Настраиваемая последовательность эквалайзера используется для компенсации искажений канала связи. Флаг окончания кадра передаем, чтобы обозначить границы кадра.

На MAC-уровне для кадра каждого типа будет своя структура. Обязательными полями для кадров всех типов будут: поле управления, поле данных и поле контрольной суммы. Поле управления содержит информацию о типе передаваемого пакета, например, пакет опроса или пакет подтверждения успешной передачи. Поле контрольной суммы служит для индикации целостности пакета, при вычислении контрольной суммы приемник понимает, верно принят пакет или нет. Остальные поля варьируются в зависимости от типа кадра. Поле FI служит индикатором начала или завершения пакета, необходимо для обозначения границ кадров. Поле ID радиомаяка содержит уникальный номер радиомаяка, по которому происходит обращение к конкретному устройству. В пакете опроса должен так же передаваться номер временного слота, выделенного радиомаяку для передачи данных. В пакете подтверждения присутствуют все вышеперечисленные поля, кроме поля с номером временного слота. Так же в пакете подтверждения необходимо передавать номер успешно переданного пакета, чтобы в случае потери какой-либо части данных возможно было передать повторно только утерянную часть. Это позволит экономить ресурсы радиоканала. В запросе на повторную передачу, помимо уже упомянутых полей содержится поле с номерами потерянных пакетов, а так же номера новых слотов, отведенных для повторения передачи. Ниже приведу изображения структур кадров различных типов.



Рисунок 3. Структура пакета с данными



Рисунок 4. Структура пакета опроса.



Рисунок 5. Структура пакета-подтверждения.



Рисунок 6. Структура пакета запроса на повторение передачи.

Далее необходимо рассмотреть сетевой уровень иерархической модели. Сетевой уровень предназначен для определения пути передачи данных, отвечает за маршрутизацию и коммутацию, а так же за определение кратчайших маршрутов. Сетевой уровень необходим для объединения нескольких сетей, создания между ними единой транспортной системы. В разрабатываемой системе связи пакеты доставляются от радиомаяков к ТСД и затем от ТСД к ЦСИ. Получается, что при передаче пакетов от радиомаяков к ТСД существует соединение типа «звезда», а при передаче данных от ТСД к ЦСИ существует соединение «точка-точка». Пакеты передаются исключительно внутри этих сетей, по простым путям. Передача пакетов внутри сети не требует проработки сложных маршрутов. В связи с этим можно сделать вывод о том, что в наличие сетевого уровня нет необходимости.

Транспортный уровень предназначен для надежной передачи данных от отправителя к получателю. Транспортный уровень отвечает за гарантированную доставку данных между программами, функционирующими на разных узлах сети. В разрабатываемой системе гарантированная доставка обеспечивается за счет передачи флагов успешной передачи и реализации запроса с возвратом в случае потери пакетов. Считаю, что в наличие транспортного уровня нет необходимости, его задачи делегируются на каналный уровень.

Рассмотрим возможные режимы работы радиомаяков. Большую часть времени радиомаяк находится в режиме экономии энергии. При поступлении запроса от ТСД радиомаяк переходит в режим передачи данных. Далее ожидает флаг успешной передачи, либо запроса на повторную передачу. При получении флага успешной передачи радиомаяк вновь переходит в режим энергосбережения, в противном случае происходит повторная передача данных. Диаграмма состояний радиомаяка и ТСД будет иметь вид:

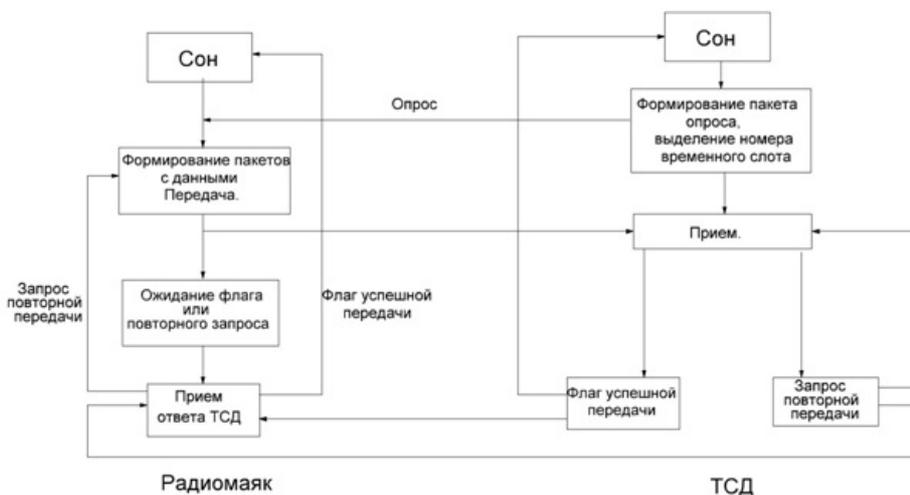


Рисунок 7. Диаграмма состояний радиомаяка.

Сценарии взаимодействия оконечного устройства с точками сбора данных на верхнем уровне описывает последовательность команд, подаваемую радиомаякам и способы ответа на них. ТСД отправляет команду «опрос» радиомаяку. В этой команде содержится уникальный номер устройства, а так же профиль работы (возможна передача только оперативной информации или информации из всех разделов памяти радиомаяка). При получении команды «опрос» радиомаяк проводит анализ команды на предмет определения своего профиля работы. Если действующий профиль отличается от запрашиваемого, производится перенастройка. Далее радиомаяк проводит съем данных, распределяя их в соответствующие памяти. Происходит формирование пакета данных и начинается передача информации, соответственно указанному профилю. ТСД получает подготовленный пакет от радиомаяка и отправляет назад команду «получено», что для радиомаяка означает переход в режим «сон» для эффективного сбережения энергии. Получившие флаг успешной передачи радиомаяки перед тем, как включить режим сбережения энергии, очищают свои буферы памяти, в которых хранится оперативно важная информация. Память, хранящая информацию, анализируемую после старта, остается неприкосновенной, в любом случае, даже если на этой ТСД был использован профиль передачи информации из обоих разделов памяти.

На физическом уровне сценарий взаимодействия радиомаяка и ТСД представляет собой следующий алгоритм. ТСД формирует пакета опроса, в который входит ID радиомаяка, метки синхронизации, а так же номер временного слота, в котором будет вестись передача. Далее для успешной передачи необходим процесс синхронизации устройств. Более грубая кадровая синхронизация позволяет знать расположение границ между пользователями канала, что необходимо для верного приема и декодирования информации. Для реализации кадровой синхронизации коррелятор радиомаяка производит настройку на кодовое слово, содержащееся в пакете опроса, которое указывает на начало временного слота. Далее в работу включается ФАПЧ радиомаяка. По принятому пакету производится подстройка фазы и частоты гетеродина приемника. После окончания синхронизации радиомаяк начинает передачу сформированного пакета в отведенные для него временные слоты. По окончании передачи ТСД отправляет флаг успешной передачи, занимая свободный слот, либо повторный запрос на передачу с новыми номерами слотов для тех радиомаяков, что не передали данные успешно. Радиомаяки, в зависимости от ответа ТСД либо включают

режим «сон», либо проводят повторную передачу потерянных пакетов.



Рисунок 8. Сценарий взаимодействия ТСД и радиомаяка на физическом уровне

Так как в системе предполагается множественный доступ, могут возникнуть коллизии, с которыми необходимо бороться. Коллизии могут возникнуть в случае, когда ТСД уже работает с некоторыми радиомаяками, но в это время в ее зону радиопокрытия попадают новые устройства. Исходя из концепции работы системы, радиомаяк бесправное устройство, которое не способно без запроса ТСД данных начать передачу информации. Предполагаю следующий сценарий работы системы в подобных условиях. Допустим, ТСД уже работает с несколькими радиомаяками, при этом она должна продолжать искать новые радиомаяки, т.е. посылать пакеты опроса. Но это невозможно делать одновременно, так как весь ресурс радиоканала уже распределен между радиомаяками, которые оказались в зоне радиопокрытия ТСД первыми. В этом случае, ТСД будет дожидаться, пока окончится передача данных от первых радиомаяков, и вместе с пакетами подтверждения передачи или запросами на повторную передачу ТСД будет передавать пакет опроса для обнаружения новых устройств. Далее, если все пакеты от первых радиомаяков были приняты верно, то после получения пакетов опроса вторая партия радиомаяков может немедленно начинать передачу, в соответствии с указанными номерами временных слотов. В случае, если какие-либо из радиомаяков первой партии должны повторить передачу некоторых пакетов, ТСД должна назначить радиомаякам из второй партии номера временных слотов, в следующем кадре, после того, как завершится повторная передача потерянных пакетов и будут отправлены флаги успешной передачи.