Предложение ООО «ЭсЭнБиУАН» по запросу

Обеспечение устойчивого канала связи в пределах полевого сейсморазведочного проекта для приема/передачи данных различного типа и объема

Предложение ООО «ЭсЭнБиУАН» включает решения по передаче всех видов трафика, но поскольку виды трафика значительно отличаются, практически невозможно построить единую универсальную радиосеть, оптимальную для передачи всех видов трафика. Наше предложение сформировано в результате пошаговой оптимизации. На первом шаге анализа видов трафика выявляются радиосети, оптимальные для передачи только одного вида трафика. На втором этапе выявляется возможность использования радиосетей, выбранных на первом этапе, для передачи других видов трафика, при условии, что стоимость одного универсального решения меньше суммарной стоимости отдельных решений.

1. Основные сценарии

Предлагаем реализацию основных сценариев проекта на одной ячейке синхронной узкополосной сети связи SNBWAN.

1.1. Низкоскоростной трафик при проведении сейсморазведочных и НСМ работ

При обеспечении радиосвязью этого вида работ прежде всего необходимо решить задачу передачи цифровых сообщений в базовый лагерь с большого числа объектов, расположенных на территории выполнения работ полевыми подразделениями. Обычно отдельные сообщения типа: «Оповещения о тревоге», «Координаты техники и персонала», «Информация с носимых устройств» и «Телеметрия с датчиков мониторинга» содержат не более 8-12 байт полезной нагрузки и их можно характеризовать как короткие сообщения. Учитывая архитектуру радиосети (звезда) и преимущественное направление передачи данных от конечных точек к базовой станции (сбор данных) для передачи основного трафика при сейсморазведочных и НСМ работах оптимальной является сеть LPWAN (маломощная сеть с большой территорией покрытия).

ООО «ЭсЭнБиУАН» предлагает LPWAN сеть собственной разработки, называемую SNBWAN [1], [6]. В отличие от других LPWAN сетей, в которых конечные точки выходят на связь асинхронно по времени и на не точно установленных частотах (LoRaWAN – широкополосная, Sigfox, NB-Fi, XNB – узкополосные, GoodWAN - смешанная), в сети SNBWAN конечные точки синхронизированы между собой и с базовой станцией как по времени, так и по частоте. Пакеты данных передаются конечными точками в неперекрывающихся частотно-временных позициях и не создают взаимных помех при приёме на базовой станции. Поэтому пропускная способность синхронной сети SNBWAN выше пропускной способности узкополосных асинхронных сетей для регулярных сообщений в 66 раз, для случайных сообщений – в 4 раза [2], и выше пропускной способности широкополосной сети LoRaWAN для регулярных сообщений в 330-2500 раз и для случайных сообщений – в 20-150 раз [3]. К регулярным сообщениям можно отнести «Координаты техники и персонала» и «Телеметрия с датчиков мониторинга, сообщения «Оповещения о тревоге», очевидно, являются случайными, а характер сообщений «Информация с носимых устройств» требует уточнения. В асинхронных сетях регулярные и случайные сообщения передаются со случайным доступом к ресурсам сети по алгоритму «чистая» ALOHA, что определяет использование потенциальной пропускной способности частотно-временного ресурса только на 1,5%. Сеть SNBWAN использует

потенциальную пропускную способность частотно-временного ресурса при передаче регулярных сообщений на 100%, а при передаче случайных сообщений по алгоритму «слотовая» ALOHA – на 6%.

Регулярные сообщения в сети SNBWAN планируются по времени передачи и номеру частотного канала с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ). Дискретность планирования времени передачи сообщений объёмом не более 12 байт равна 2 секунды, дискретность планирования времени передачи сообщений большего объёма – пропорционально больше. Случайные сообщения передаются с дискретностью 2 секунды и доставляются с задержкой 1 секунда, если не потребовалась повторная передача, и – с задержкой 3 секунды, если потребовалась повторная передача.

От конечных точек на базовую станцию одновременно могут передаваться до 256 сообщений на разных ППРЧ каналах без взаимных помех. В это же время, от базовой станции на конечные точки в режиме дуплекса с временным разделением могут передаваться до 8 сообщений. Скорость передачи данных в пакете 113 бит/с, потоковая скорость передачи одного сообщения объёмом более 12 байт равна 48 бит/с. Общая групповая потоковая скорость передачи данных на базовую станцию 12,3 кбит/с. Общая групповая потоковая скорость передачи данных полезной нагрузки от базовой станции 256 бит/с. Считаем, что такие скорости для передачи описанной информации достаточны.

В режиме дальней (до 50 км) низкоскоростной групповой связи система SNBWAN использует полосу частот шириной 125 кГц в диапазоне частот 898,7-869 МГц, выделенном ГКРЧ для нелицензионного использования неспециализированными (любого назначения) устройствами с эффективной излучаемой мощностью 25 мВт, без ограничения рабочего цикла, и – 100 мВт, при ограничении рабочего цикла 10-ю процентами. Необходимо отметить, что использование низкой скорости передачи данных позволило при малой мощности передатчиков обеспечить радиосвязь на предельной дальности распространения радиоволн в приземном слое атмосферы с экономным расходованием энергии источника питания, что актуально для передачи информации с носимых устройств с батарейным питанием. Низкая скорость передачи данных в отдельном канале не означает при этом медленную циркуляцию данных в системе. Сбор данных при скорости передачи 113 бит/с производится одновременно по 256 каналам. Имеется возможность увеличения скорости передачи данных в отдельном канале при уменьшении числа каналов без потери общей пропускной способности сети, но с потерей максимальной дальности радиосвязи. Соответствие скорости передачи данных в отдельном канале и числа каналов приведено в таблице.

Скорость передачи данных в отдельном канале, бит/с	113	907	7812	62500
Число ППРЧ каналов в восходящей линии	256	32	16	2

В одной полосе частот шириной 125 кГц все конечные точки должны передавать данные на одной скорости. В базовой станции SNBWAN есть возможность принимать сигналы конечных точек по двум полосам частот шириной 125 кГц каждая, при этом в обеих полосах частот может использоваться минимальная скорость передачи данных и максимальное число каналов. Общее число одновременно передающих конечных точек увеличивается при этом до 512. Конечные точки на территории базового лагеря и близлежащих полевых подразделений могут работать на увеличенной скорости передачи данных в отдельной полосе частот. При необходимости пропускная способность системы

может быть увеличена ещё в 2 раза путём установки в базовом лагере второй базовой станции, использующей другие полосы в том же диапазоне частот.

Разработка опытных образцов радиомодема конечной точки и базовой станции закончена, необходим срок порядка 3-6 месяцев для изготовления и испытания опытной партии оборудования системы SNBWAN в количестве: радиомодем конечной точки – 450 шт., базовая станция – 5 шт., сетевой сервер 3 шт. В программу испытаний опытной партии предлагаем включить тестирование в условиях, приближённых к условиям типичного полевого сейсморазведочного проекта. По результатам тестирования может быть сформирован заказ для ООО «ЭсЭнБиУАН» на поставку оборудования для разворачивания реальных сейсморазведочных проектов. В комплект поставки войдут радиомодемы конечных точек тех вариантов, которые будут определены по результатам тестирования (включая антенны и источники питания, при необходимости), базовая станция с источником питания от однофазной промышленной сети переменного тока, антенна базовой станции и сервер сети SNBWAN для сопряжения с локальной сетью базового лагеря.

1.2. Обеспечение голосовой связи

При цифровой передаче речи требуется скорость цифрового потока минимум 3,6-4,8 кбит/с, что не позволяет рассчитывать на радиопокрытие всей территории полевого сейсмического проекта устройствами с ограничениями по излучаемой мощности в нелицензируемых диапазонах частот. Для голосовой связи должны использоваться более мощные передатчики, что требует выделения рабочей частоты или полосы частот. Мы рекомендуем продолжать использовать для голосовой связи аналоговые ЧМ радиостанции пока не будет предложена цифровая система голосовой связи с существенно лучшими характеристиками и выгодная по цене.

1.3. Передача телеметрии и результатов видеоаналитики с БВС

Система SNBWAN эффективно может быть использована и для реализации основного сценария связи с БВС – передачи телеметрии и видеоаналитики. Учитывая, что антенна на борту воздушного судна характеризуется значительно большей действующей высотой, то связь с БВС при полётах в пределах полевого сейсморазведочного проекта может быть обеспечена на большей скорости передачи данных, чем в наземной связи, во всяком случае, на скорости 7812 бит/с. Возможность передачи данных с борта БВС в системе SNBWAN на скорости 62500 бит/с требует экспериментальной проверки, так как эта скорость близка к критической, на которой длительность символа сигнала Ts становится соизмеримой с временем запаздывания отражённых лучей Tm при многолучёвом распространении радиоволн, характерном для авиационной радиосвязи. Возникающая при этом межсимвольная интерференция ухудшает помехоустойчивость поэлементного приёма. Система SNBWAN на скорости меньшей критической позволит также передавать с БВС стоп-кадры видеосигнала (фотографии) с задержкой во времени, зависящей от требуемого качества изображения.

Использование инфраструктуры наземной сети SNBWAN (базовой станции) для приёма телеметрии и результатов аналитики с БВС не даёт очевидного выигрыша универсального решения. Антенна базовой станции является всенаправленной и не может усилить сигнал, приходящий только с одного направления, как это делает направленная антенна. Поэтому для приёма среднескоростной информации с одного БВС лучше использовать отдельную радиолинию «точка-точка» с направленной наземной антенной.

Для приёма информации с пяти БВС потребуется 5 наземных радиомодемов с отдельными направленными антеннами. Антенны могут быть размещены на одной мачте на разной высоте с обеспечением возможности поворота вокруг мачты на угол +-180 градусов. Возможно также электронное управление изменением направления главного лепестка диаграммы направленности антенны на принципах фазированной антенной решётки. Параметры основного сценария связи с БВС вполне реализуемы радиолиниями, построенными на радиомодемах нелицензируемых диапазонов частот, например, на серийных радиомодемах РМД400L [4] производства ООО КБ «Марс», www.kbmars.ru - диапазон частот 433,1-434,7 МГц, ЭИМ 20 мВт. При необходимости увеличения дальности связи с низколетящим или находящимся на земле БВС, может быть использован серийный радиомодем РМД400Р [5], диапазон частот 434-446 МГц, мощность передатчика 1 Вт (требуется выделение частоты под конкретный тип радиомодема). Радиомодемы серии РМД400 значительно дешевле радиомодемов, соответствующих общим требованиям к радиостанциям подвижной и фиксированной наземных служб. ООО «ЭсЭнБиУАН» во взаимодействии с ООО КБ «Марс» готово поставить радиомодемы для передачи среднескоростной информации с БВС и на БВС.

2. Перспективы развития

Предлагаем развитие проекта на базе широкополосной радиолинии (ШПРЛ) с комплементарными последовательностями

2.1. Передача данных и видеопотока с БВС

Радиосвязь для перспективных беспилотных авиационных систем должна обеспечивать передачу данных и видео-потока в полудуплексном режиме при скорости передачи до 100 Мбит/с и числе БВС до 5. При высокоскоростной авиационной радиосвязи длительность элементарного символа сигнала меньше времени запаздывания отражённых лучей $Ts<Tm$, что проявляется в виде межсимвольной интерференции и деградации характеристик приёмника простых сигналов. ООО «ЭсЭнБиУАН» и ООО КБ «Марс» разработали метод борьбы с межсимвольной интерференцией, позволяющий ослабить влияние сегментов символов, поступающих по отражённым лучам с задержкой по отношению к прямому лучу, без использования шумоподобных сигналов (ШПС) или OFDM сигналов. ШПС приводят к значительному расширению занимаемой полосы частот, а OFDM сигналы многократно усложняют их обработку, что для скорости передачи данных 100 Мбит/с становится критичным по быстродействию устройств обработки сигналов и их энергопотреблению. Разработанный нами радиомодем широкополосной радиолинии (ШПРЛ) использует 256-позиционную систему квазиортогональных сигналов на основе 8-битных комплементарных последовательностей [7]. Радиомодему ШПРЛ для передачи данных на скорости 100 Мбит/с требуется выделенная полоса частот 200 МГц, отношение сигнал/шум $E_b/N_0>=3$ дБ и отношение сигнал/интерференция (от отражённых лучей) SIR>=0 дБ.

Сигнально-кодовая конструкция, отвечающая разработанному методу борьбы с межсимвольной интерференцией в высокоскоростном радиоканале авиационной радиосвязи, отработана на имитационной модели. Модель доведена до готовности к реализации на ПЛИС. Разработано техническое задание на радиомодем ШПРЛ. Радиотракт выполнен на микросхеме счетверённого широкополосного приёмопередатчика ADRV9026 фирмы Analog Devices. Для завершения разработки требуется внешнее финансирование. Срок выполнения ОКР – 6-12 месяцев. По завершению разработки ООО

«ЭсЭнБиУАН» сможет изготавливать и поставлять радиомодемы ШПРЛ для перспективных беспилотных авиационных систем.

2.2. Передача данных внутри сети

Учитывая близость перспективных требований к параметрам передачи данных с беспилотных авиационных систем (БАС) и внутри наземной радиосети, последняя может быть построена с использования того же физического уровня (той же сигнально-кодовой конструкции), что и при передаче данных с БАС. В данном случае применение универсального решения оправдано, поскольку оно обосновано оптимальностью физического и MAC уровней выбранного решения для обоих применений, в том числе, по условиям многолучевого распространения радиоволн. Однако, по топологии сети и требованиям к сетевому протоколу эти решения отличаются. Передача данных внутри наземной радиосети ориентирована на пакетную передачу и на топологию «звезда», а передача данных с БВС – на потоковый режим и топологию «точка-точка». Поэтому передача данных внутри сети должна быть дополнена сетевым протоколом, например, TCP/IP. Такое отличие касается только программного обеспечения и не уменьшает преимуществ универсального аппаратного решения. ООО «ЭсЭнБиУАН» по завершению разработки радиомодема ШПРЛ готово поставлять радиооборудование по перспективным требованиям к передаче данных внутри сети.

2.3. Сигналы системы синхронизации взрывов

Сигналы системы синхронизации взрывов предназначены для передачи сообщений информационного характера между пространственно распределёнными объектами системы и не несут функцию собственно временной синхронизации. Временная синхронизация взрывов обеспечивается сигналами точного времени от Глобальной Навигационной Спутниковой Системы (ГНСС). Передача сигналов системы синхронизации взрывов по радиосети отличаются от передачи других данных внутри сети только более высоким приоритетом, который обеспечивается на уровне приложения. Поэтому для передачи сигналов синхронизации времени внутри сети не требуется специальная оптимизированная под задачу радиосеть, а может быть использован универсальный радиомодем ШПРЛ с вариантами сетевого программного обеспечения, оптимальными, в одном случае, для связи с БАС, а в другом – для передачи данных внутри наземной радиосети обеспечения сейсморазведочных и НСМ работ.

Список литературы

1. Патент на изобретение RU2627685C1 «Способ использования частотного ресурса, система связи и терминал», автор Сартаков А.Л.
2. Зверев Б., Сартаков А. SNB — новая LPWAN-технология «Интернета вещей» с высокой пропускной способностью. Control Engineering Россия IIoT июнь 2019, с 38-41 https://controleng.ru/wp-content/uploads/8338.pdf
3. Сартаков А. Сравнение LoRaWAN, SNBWAN и других технологий для «Интернета вещей». Беспроводные технологии № 1 май 2020, с 42-47 https://wireless-e.ru/wp-content/uploads/5842.pdf
4. РМД400L-V4_7_РукЭкспл.pdf
5. РМД400P-V4_6_РукЭкспл.pdf
6. Синхронная узкополосная сеть связи SNBWAN.pdf
7. Система связи для воздушных судов.pdf

Генеральный директор А.Л.Сартаков