

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМОГО КАНАЛА СВЯЗИ И КАНАЛА МЕТЕОРНОЙ СВЯЗИ

А.И. Рыбаков, аспирант кафедры «Радиосвязи и вещания» Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, lexeus.r1@gmail.com

УДК 621.396.94

Аннотация. Материал этой статьи посвящен поиску оптимальной структуры пути приема-передачи комплекса радиосвязи для передачи данных через метеорный канал. Разработанное оборудование предназначено для работы в рамках комплексной информационной системы для обеспечения безопасности мореходного маршрута Северного морского пути. Рассмотрены перспективные технологии создания радиопередающих устройств. Во втором разделе представлено краткое описание отечественных и зарубежных передающих и приемных устройств, построенных с использованием технологии SDR. Выбор трансивера для его использования в канале метеорной связи оправдан. Рассматривается вариант осуществления мобильной (переносной) системы. Приводятся результаты апробации технических решений.

Ключевые слова: метеорная радиосвязь; коротковолновая радиосвязь; телекоммуникации; метеорный след (путь); мобильная станция; система передачи данных; канал связи; программно-конфигурируемый канал связи.

MOBILE INFORMATION PROVIDING SYSTEM WITH THE USE OF SOFTWARE-CONFIGURABLE COMMUNICATION CHANNEL AND METEORIC COMMUNICATION CHANNEL

Aleksei Rybakov, graduate student of the «Radio communication and broadcasting» department of St. Petersburg state University of telecommunications n/a professor M.A. Bonch-Bruevich

Annotation. The material of this article is devoted to the search for the optimal structure of the path of reception and transmission of the radio communication complex for data transmission through the meteor channel. The developed equipment is designed to work in the framework of an integrated information system to ensure the safety of the Northern sea route. The perspective technologies of creation of radio transmitting devices are considered. The second section presents a brief description of domestic and foreign transmitting and receiving devices built using SDR technology. The choice of the transceiver for its use in the meteor communication channel is justified. The variant of implementation of mobile (portable) system is considered. The results of testing of technical solutions are presented.

Keywords: meteoric radio communication; short-wave radio communication; telecommunications; meteor trail (path); mobile station; data transmission system; communication channel; software-configurable communication channel.

Актуальность работы заключается во внедрении результатов в районах с условиями постоянно действующих ионосферных возмущений, характерных для приполярных широт, где метеорная радиосвязь (МС) может стать хорошей альтернативой коротковолновой радиосвязи (КВ), а в районах со слаборазвитой телекоммуникационной инфраструктурой МС может стать основным средством связи. МС имеет следующие преимущества по сравнению с КВ радиосвязью:

- повышенная устойчивость радиосвязи при ионосферных возмущениях естественного и искусственного происхождения;
- повышенная помехозащищенность канала связи;

- отсутствие «зоны молчания» в пределах всей зоны обеспечения;
- простота построения системы передачи данных от удаленных необслуживаемых объектов;
- существенно более низкое энергопотребление;
- более высокий показатель эффективности функционирования системы по критерию эффективность/стоимость для труднодоступных районов и районов со слабо развитой инфраструктурой [1].

Система метеорной связи (макет) прошла заводские натурные испытания на трассе Санкт-Петербург – Киржач и показала свою работоспособность. Трасса испытаний метеорной связи представлена на рис. 1.

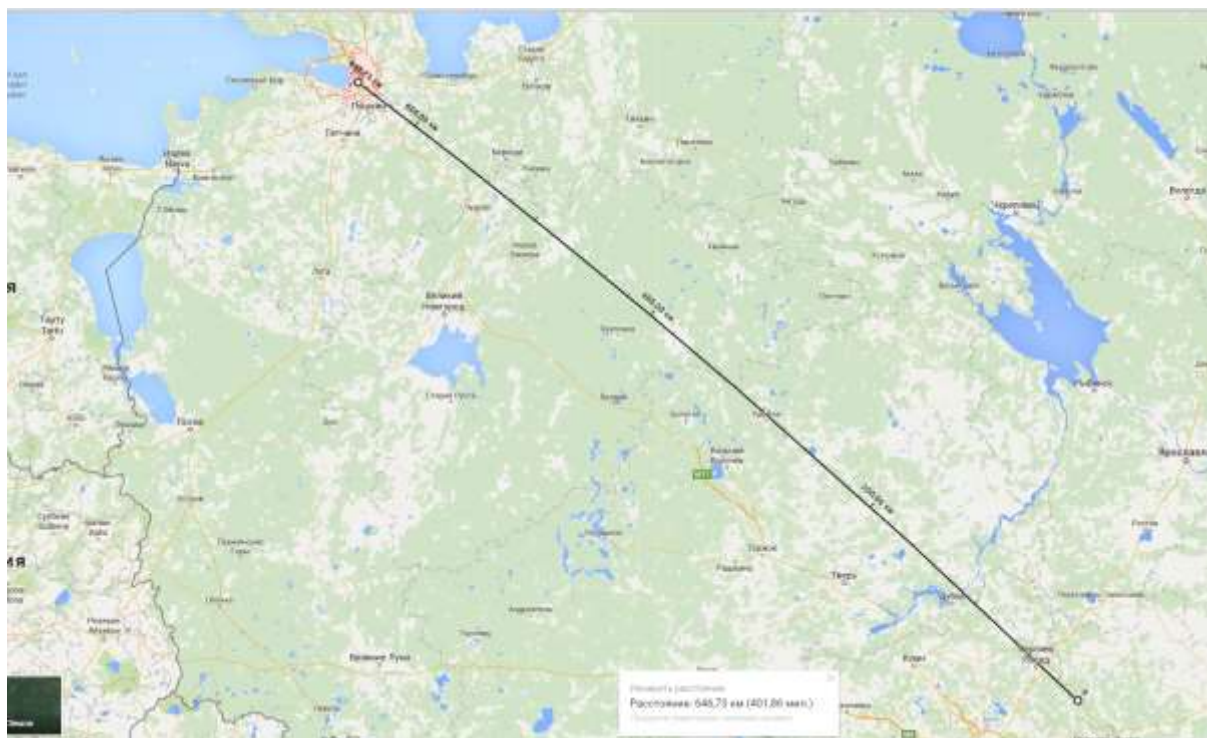


Рисунок 1

Координаты: 30.27 E/59.89 N;

Координаты: 38.56 E/56.13 N.

Изначальной задачей для натурных испытаний было определение возможности передачи данных через случайные метеорные отражения без учета метеорных потоков. Возможность эта подтвердилась. Вероятность образования 2-3 каналов передачи данных с размером окна 0,1-1 с в течение суток на максимально хорошо оборудованный комплект МС подтверждена. При наличии метеорных дождей, вероятность образования канала, а значит и количества передаваемых данных, существенно увеличивается. Так как испытания проходили в южных широтах, то 2-3 метеорита в сутки это очень хороший показатель, но, как известно, для приполярных широт показатель существенно больше [1].

Если необходимо увеличить количество окон передачи данных от базовой станции к мобильной станции, при создании базовой станции следует рассчитывать на использование более сложных антенн с большим усилением (например, применять параллельное включение

нескольких антенн – т.н. «стекирование» и увеличение количества элементов в антенне), а также, увеличивать мощность в 5-10 раз [2].

На рис. 2 показан макет блока мобильной (носимой) станции мощностью 200 Вт. Планируемая мощность базовой станции 800 Вт.



Рисунок 2

При создании мобильной станции необходимо учитывать, что сложные и громоздкие антенны неприменимы. Предлагается применять:

- для приема и передачи «стекирование» нескольких антенн с небольшим количеством элементов;
- только для приема в экстремально-простых вариантах можно применять вертикальные антенны с пониманием, что вероятность образования канала есть, но она ничтожно мала [3].

В процессе натурных испытаний проекта использовалась модуляция с мгновенной скоростью в канале 1000 бит/с, обусловленная допустимой шириной канала 2,5 кГц. При использовании более широкой полосы можно достичь существенного увеличения мгновенной скорости передачи данных.

Таблица 1

День	1	2	3	4
Количество пакетов по дням	23	8	9	1
Количество бит по дням	1035	360	405	45

В табл. 1 приведены результаты измерений по исследуемой трассе. Выбор оптимального варианта антенн для мобильной станции может быть определен только после проведения обширных дополнительных натурных испытаний. Пример декодирования сигнала на мощности 0,1 Вт изображен на рис. 3.



Рисунок 3

При создании базовой станции необходимо учитывать узость диаграмм направленности антенн (особенно это касается антенн с большим усилением) и, при необходимости покрытия базовой станции нескольких зон покрытия, использовать несколько комплектов оборудования МС и антенн, направленных в нужную сторону [4, 6].

Результаты испытаний позволяют сделать заключение о правильности принятых технических решений и послужили основанием для выбора дальнейшего пути развития системы информационного обеспечения безопасности судоходства Северного морского пути с использованием каналов метеорной связи. Аналогов разработанной системе в отечественной продукции нет. Необходимо отметить тот факт, что применение разработки возможно и на судах гражданского флота РФ, что автоматически выводит разработку в коммерческую область с достаточно широким потенциалом применения [5].

При создании мобильной станции необходимо учитывать, что сложные и громоздкие антенны неприменимы. Призыв к применению: для приема и передачи «укладки» нескольких антенн с небольшим количеством элементов; только для приема в чрезвычайно простых вариантах осуществления может применяться вертикальная антенна с пониманием, что вероятность образования канала является, но она незначительна [3].

Во время полномасштабных испытаний проекта использовалась модуляция с мгновенной скоростью в канале 1000 бит/с (из-за допустимой полосы пропускания 2,5 кГц). При использовании более широкой полосы пропускания может быть достигнуто существенное увеличение скорости мгновенной передачи данных. Как видно из рисунка выше (рис. 3) в дневное время с 04 по 18 GMT (с 08 по 22 МСК) на частотах ниже 2 МГц отсутствует передача радиосигналов с отражением от ионосферы.

Таким образом, возможна только короткодействующая связь поверхностной волной до 100-120 км. Как видно из рисунка выше (рис. 3). В дневное время с 04 по 18 GMT (с 08 по 22 МСК) на частотах ниже 2 МГц отсутствует передача радиосигналов с отражением от ионосферы. Таким образом, возможна только короткодействующая связь поверхностной волной до 100-120 км. Это подтверждается радиосвязью, проводимой в дневное время в диапазоне 1,8 МГц с использованием емкостных антенн различной конструкции. Табл. 1 показывает результаты измерений вдоль исследуемого маршрута. Выбор оптимальных вариантов антенн для мобильной станции может быть определен только после обширных полевых испытаний. Пример изображения сигнала с мощностью 0,1 Вт показан на рис. 3.

При создании базовой станции необходимо учитывать узость диаграмм направленности антенн (особенно для антенн с высоким коэффициентом усиления), при необходимости для покрытия базовой станции нескольких зон покрытия использовать несколько наборов оборудования и антенн MS, направленных на правую сторону [4, 6].

Чтобы избавиться от большинства описанных выше проблем, методы прямого преобразования сигналов из радиодиапазона в спектр звуковых частот и обработка конечного сигнала фазовым методом позволяют. Эта концепция была разработана в конце 70-х гг. XX века. Первоначально этот метод не нашел широкого развития в конструкции аналоговых приемопередатчиков из-за сложности реализации, но при широком использовании персональных компьютеров способ обработки фазового сигнала получил второе рождение в технологии (рис. 4, 5), называемый *SDR*. На сегодняшний день эта технология имеет более 20 лет. Чтобы преобразовать (т.е. линейно сдвинуть правую или левую частоту вправо или влево на значение ($\omega_0 = 2\pi F_0$) симметричного спектра реального сигнала, этот сигнал должен быть умножен на сложный показатель соответственно положительной или отрицательной.

С помощью одного микшера сигнал передается с радиочастоты 0-60 (МГц) на низкий IF 0-100 (кГц) и оцифровывается звуковой картой, а затем желаемый диапазон частот с требуемым типом модуляции демодулируется программными методами.

Для демодуляции сигналов фазовым методом требуется пара максимально идентичных каналов приема в фазе, сдвинутой на 90 градусов. В результате преобразования сигнала в два канала появляется зеркальный канал, который на 180 градусов отделен от прямого канала и легко измельчается программными методами при -100 ... 140 (дБ). Легче выбрать сигнал на соседнем канале. При использовании *DSP* уровень подавления соседнего канала приблизительно равен динамическому диапазону *DSP ADC*, то есть соответствует диапазону значений -100 - 120 (дБ) с коэффициентом прямоугольности фильтра, близкого к 1.

В принципе невозможно достичь таких значений подавления при использовании аналоговых фильтров. Для сравнения, подавление соседнего канала хорошим кварцевым фильтром на уровне -60 (дБ) происходит при расстройке 1-2 (кГц). В программном фильтре подавление -100 (дБ) происходит, когда настройка составляет всего 50-100 (Гц). При использовании *SDR*-приемопередатчика, сужая программный фильтр до 50-200 (Гц), вы почти перестаете слышать мешающий сигнал. Наличие только одного микшера в пути обработки сигналов существенно увеличивает «прозрачность» эфира. Вы слышите самые слабые сигналы и легко делитесь ими с самыми сильными. И комплексная работа со всеми сигналами в полосе 100 (кГц) позволяет графически развернуть спектр с пропускной способностью до 200 кГц в реальном времени и делать с ним все, что необходимо.

Тем не менее, *SDR*-технология в своем классическом смысле имеет определенные недостатки. Потребность в преобразованиях остается, потому что на многих гармониках *LO* имеются боковые каналы приема, в основном нечетные. Эта проблема решена с помощью полосовых фильтров на входе в микшер. Использование фильтров нижних частот или высокочастотных полосовых фильтров позволяет раздавить практически все боковые каналы приема при гармониках до -70 - 90 (дБ). На практике большинство пользователей ограничено использованием простых фильтров нижних частот и *DFT* 3,5-го порядка с подавлением - 40-60 (дБ).

Результаты испытаний позволяют высказать мнение о правильности принятых технических решений и послужили основой для выбора дальнейшего развития прототипа информационной системы для безопасности морехода Северного морского пути с использованием метеорных каналов связи. Развитая система отечественного производства не имеет аналогов. Следует отметить, что применение разработки возможно на судах гражданского флота Российской Федерации. Это автоматически превращает разработку в коммерческую область с достаточно широким прикладным потенциалом [5].

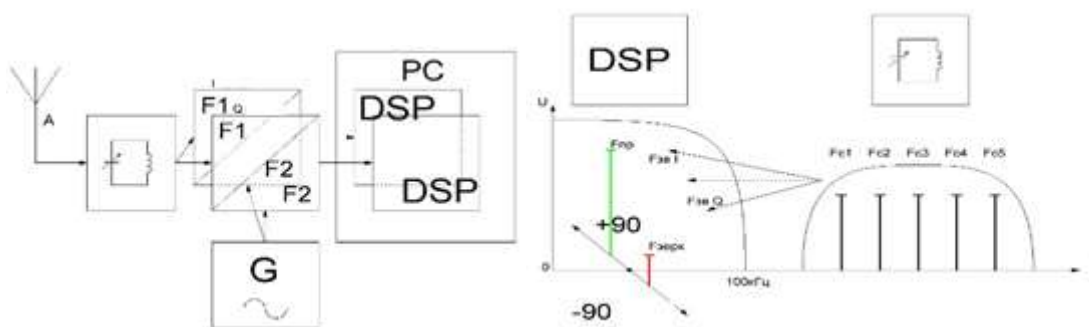


Рисунок 4

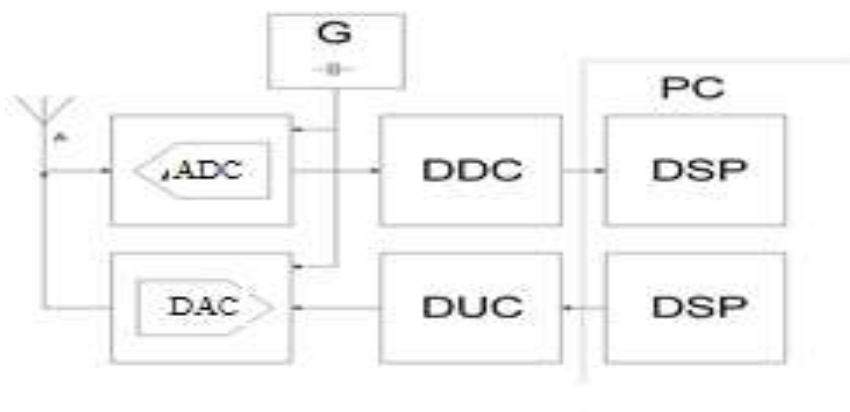


Рисунок 5

Литература

1. Вишнеvский В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В Широкополосные беспроводные сети передачи информации // Техносфера, 2005. – С. 252-453.
2. Подосенов С. А., Потапов А. А., Соколов А. А. Импульсная электродинамика широкополосных радиосистем и поля связанных структур // Радиотехника, 2003. – С. 253-280.
3. Бабков В.Ю., Фокин Г.А Оценка вероятности успешного радиоприема в самоорганизующихся пакетных радиосетях на основе радиостанций с направленными антеннами. // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление, 2009. – Т. 4. – № 82. – С. 77-84.
4. Воробьев О.В., Рыбаков А.И. Архитектура радиопередающей системы в составе автоматизированного корабельного комплекса связи // в сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научного форума с международным участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникации; В.Э. Гасумянц, Д.Д. Карпов – ответственные редакторы. 2015. – С. 40-42.
5. Воробьев О.В., Рыбаков А.И Универсальный блок беспроводного взаимодействия с корабельной системой управления // в сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научного форума с международным участием. Институт физики, нанотехнологий и телекоммуникаций; В.Э. Гасумянц, Д.Д. Карпов – ответственные редакторы. 2015. – С.43-45.