

Модель сети декаметровой радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом

А. В. Рябов, e-mail: ryalvy@mail.ru

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина»
(г. Воронеж)

***Аннотация.** В статье, на основе разработанного алгоритма маршрутизации исследуются возможности повышения качества связи в автоматизированных сетях декаметровой радиосвязи с адаптивным управлением структурно-параметрическим ресурсом.*

***Ключевые слова:** декаметровая радиосвязь, маршрутизация, адаптация, автоматизированная сеть, параллельная ретрансляция.*

Введение

Декаметровая (ДКМ) радиосвязь находит широкое применение при управлении авиационными формированиями. Основным достоинством ДКМ радиосвязи является возможность организации связи с наземными и воздушными объектами на большие расстояния в различных условиях обстановки. Недостатки ее обусловлены особенностями распространения радиоволн в данном диапазоне, и связанными с ними замираниями сигнала и межсимвольной интерференцией. Также на качество связи в этом диапазоне оказывает влияние большой уровень станционных помех от работающих на близких частотах радиосредств. В связи с этим, представляет научный интерес повышение качества ДКМ радиосвязи [1].

В ряде работ [1-4] рассматриваются методы повышения качества радиосвязи на основе адаптивного управления структурным, алгоритмическим и параметрическим ресурсом в автоматизированных сетях ДКМ радиосвязи. При этом российские стандарты для создания ДКМ радиосетей, регламентирующие автоматическое установление и адаптивное ведение ДКМ радиосвязи отсутствуют. В тоже время за рубежом приняты и развиваются стандарты информационного обмена, такие как MIL-STD-188-141, HF DL, STANAG 4539, STANAG 5066 [5-8].

Указанные стандарты регламентируют процедуры автоматического составления каналов, применение сигнально-кодовых конструкций и их адаптацию к состоянию канала в ходе обмена данными, а также сетевые проблемы многопользовательского использования ДКМ радиоканалов. Реализация таких стандартов требует решения ряда задач [5-8]:

- назначение набора частот и автоматическое составление канала связи с автоматическим выбором рабочей частоты;
- высокоскоростная передача с использованием адаптивных методов приема;
- помехоустойчивое кодирование с прямой коррекцией ошибок, а также коррекцией ошибок с автоматическим запросом повторения пакетов данных;
- скремблирование и перемежение данных для обеспечения имитозащиты и борьбы с пакетированием ошибок из-за замираний и импульсных помех;
- многопараметрическая адаптация по частоте, скорости передачи информации, мощности, виду модуляции, способу кодирования.

Перечисленные стандарты требуют постоянный автоматический мониторинг ионосферы, обеспечивающий оперативное определение оптимальной рабочей частоты и позволяют достичь надежности в канале не менее 0,90–0,95 со скоростями передачи данных от 75 бит/с до 9,6 Кбит/с [5].

Отечественной промышленностью при разработке средств ДКМ радиосвязи ведется работа по реализации указанных стандартов [5-8]. Однако протоколы этих стандартов регламентируют установку соединения по типу радионаправления или, как частный случай, сеть, построенную по топологии «звезда» с выделением главной станции, не рассматривая сеть ДКМ радиосвязи как единый, целостный элемент – кластер ДКМ радиосвязи, с широкими вариативными возможностями по установлению связи между его элементами.

Элементы кластера – средства ДКМ радиосвязи. Представляется логичным определить в кластер средства ДКМ радиосвязи по территориальному принципу и принципу подчиненности. Например, кластер ДКМ радиосвязи может быть сформирован на базе системы связи авиационного формирования с применением штатных средств ДКМ радиосвязи. В этом случае элементы кластера будут находиться на ограниченной территории, и подчинены одному начальнику.

Таким образом, актуальной задачей является объединение средств ДКМ радиосвязи в единый кластер, способный оперативно реагировать на различное изменение обстановки, внешние и внутренние дестабилизирующие факторы, что позволит значительно расширить возможности повышения качества связи в рамках структурной адаптации в автоматизированных радиосетях.

1. Разработка модели

Объединение средств ДКМ радиосвязи в автоматизированную радиосеть обеспечивает возможность применения следующих методов структурной адаптации:

- ретрансляция через составные радиолинии [1, 2];
- параллельная ретрансляция с синфазным сложением мощности сигналов в точке приема и синхронизацией времени излучения ретрансляторов по каналу обратной связи [9-10].

Способ параллельной ретрансляции основан на объединении в единую сеть автономных ДКМ радиостанций. При этом каждая радиостанция может работать в следующих режимах [9-10]:

- автономная работа в радиосети или радионаправлении, земной или ионосферной волной;
- последовательная ретрансляция (ретрансляция через составные радиолинии) земной или ионосферной волной;
- параллельная ретрансляция земной или ионосферной волной с синфазным сложением мощности передатчиков в точке приема.

Последовательная ретрансляция может рассматриваться как частный случай параллельной, когда количество доступных ретрансляторов снижается до одного.

При отсутствии внешних дестабилизирующих факторов, предполагается работа такой радиосети в автономном режиме, либо режиме последовательной ретрансляции сигналов через составные радиолинии. При этом в сети необходим постоянный мониторинг доступного структурного ресурса и оценка радиочастотной обстановки.

При обнаружении факта воздействия на сеть дестабилизирующих факторов, снижающих качество связи, при наличии доступных ретрансляторов, осуществляется переход в режим параллельной ретрансляции. Получатель сообщений осуществляет прием сигналов по параллельным каналам с синфазным сложением мощности и по каналу обратной связи осуществляет синхронизацию передатчиков ретрансляторов [10].

Практическая реализация обозначенных способов требует разработки программно-аппаратного комплекса, позволяющего реализовать способы многоуровневой адаптации и вариативной маршрутизации. И, если по вопросам функционирования кластера на канальном и физическом уровне имеется опыт зарубежных специалистов [5-8], то протоколы сетевого уровня, применимые для ДКМ радиосвязи и способные успешно решать обозначенные задачи, на сегодняшний день отсутствуют.

При описании искомого протокола представляется целесообразным опереться на существующие технологии протоколов сетевого уровня [11]. Хотя существующие протоколы не подходят к использованию в обозначенном кластере ДКМ радиосвязи, составляющие их алгоритмы и механизмы, применяемые в существующих телекоммуникационных сетях, могут найти свое отражение в работе разрабатываемого протокола. Рассмотрим принцип функционирования такого протокола.

Перед началом работы кластера на всех станциях размещается информация о топологии кластера. Она представляет собой точный граф связей кластера, в котором вершинами являются станции ДКМ радиосвязи, а ребрами – радионаправления между ними. Для каждой станции определяются несколько взаимодействующих станций. В дальнейшем каждая станция обменивается с взаимодействующими станциями информацией о текущем графе связей кластера. При получении информации от взаимодействующей станции, информация о графе сохраняется и рассылается другим станциям, за исключением станции, от которой она была получена. Это позволит избежать заикливания устаревшей информации о состоянии графа связи кластера между взаимодействующими станциями. В результате все станции сохраняют в своей памяти идентичные сведения о текущей конфигурации графа связей сети. Для контроля состояния связей и соседних станций, станции обмениваются короткими сообщениями через установленный временной интервал. В случае, когда контрольные сообщения перестают поступать от какой-либо станции в течение нескольких заданных временных интервалов, делается вывод об изменении состояния связи на неработоспособное и вносится изменение в топологическую базу данных. Одновременно взаимодействующим станциям отсылается обновленная информация о графе состояния кластера, для исправления ими своих баз данных.

Основной задачей протокола маршрутизации является составление маршрута между двумя станциями. Для ее решения используется итеративный алгоритм Дейкстры [11]. Каждая станция кластера, действуя в соответствии с этим алгоритмом, ищет оптимальные маршруты до всех станций кластера. Если информация о графе связей кластера изменилась, то каждая станция заново ищет оптимальные маршруты и корректирует свою таблицу маршрутизации.

Установление связи между двумя станциями кластера по протоколу маршрутизации начинается с выбора метрики. По умолчанию используется метрика, учитывающая пропускную способность радионаправлений. Кроме того, допускается применение метрик, учитывающих надежность и качество приема, которое зависит от

мощности помех на входе приемников. Для каждой из метрик протокол строит отдельную таблицу маршрутизации. Количественные значения для метрик прописываются на этапе первоначальной настройки станции.

При реализации параллельной ретрансляции в сети ДКМ радиосвязи назначаются станции отправителя и получателя информации, производится поиск свободных ретрансляторов и определение их потребного количества [9-10]. Описываемая структура представляет собой статическую маршрутизацию для заданного набора станций. Вариант функционирования протокола маршрутизации кластера ДКМ радиосвязи изображен на рис. 1.

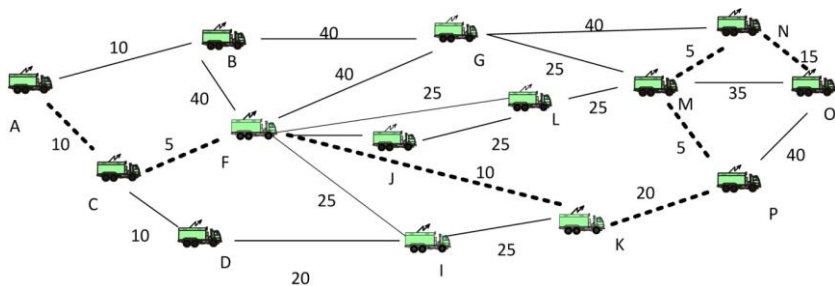


Рис. 1. Вариант функционирования протокола маршрутизации кластера ДКМ радиосвязи

Соседние станции здесь соединены линиями. Перед началом работы информация о графе связей кластера загружается в маршрутизатор станции. Оператором станции-отправителя выбирается метрика – качество связи. Каждому ребру графа связей кластера назначаются количественные значения. Пример назначения количественных значений представлен в таблице 1.

Таблица 1

Пример назначения количественных значений графа связей кластера.

Отношение сигнал/шум (дБ)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Значение метрики	50	45	40	35	30	20	15	10	5	1

Исходя из назначенной метрики, в соответствии с алгоритмом Дейкстры, протокол определяет кратчайший маршрут (с наименьшей

для рассматриваемого примера выделен пунктирной линией (на рис. 2 – А, С, F {G, J, L, I} K, P, M, O).

Заключение

Предложенная модель автоматизированной сети ДКМ радиосвязи – кластера ДКМ радиосвязи обеспечивает реализацию адаптивного управления структурным ресурсом с выбором оптимального количества ретрансляторов. После оптимизации структуры радиосети обеспечивается выбор режимов работы ее элементов. Кроме того, обеспечивается адаптивное управление параметрами элементов радиосети в зависимости от сложившейся сигнально-помеховой обстановки.

Построение предложенного кластера возможно на базе перспективных средств ДКМ радиосвязи после интеграции в них программно-аппаратного комплекса с поддержкой протоколов физического, канального и сетевого уровня. Практическая реализация предложенного кластера позволит повысить помехоустойчивость сетей ДКМ радиосвязи в сложной сигнально-помеховой обстановке.

Литература

1. Головин, О.В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О.В. Головин, С.П. Простов – М.: Горячая линия - Телеком, 2006. – 598 с.
2. Антонюк, Л.Я. Эффективность радиосвязи и методы ее оценки / Л.Я. Антонюк, В.В. Игнатов – С.Пб.: ВАС, 1994. – 124 с.
3. Березовский, В.А. Современная декаметровая радиосвязь / В.А. Березовский, В.А. Дулькейт, О.К. Савицкий– М.: Радиотехника, 2011. – 444 с.
4. Рябов, А.В. Управление мощностью передающих устройств автоматизированных линий декаметровой радиосвязи / Е.В. Головченко, А.В. Рябов, М.А. Савельев, Федюнин – Воронеж: ВАИУ, 2010. – 140 с.
5. Ватрухин, Е.М. Новые возможности применения коротковолновой радиосвязи при решении боевой авиацией задач воздушно-космической обороны / Е.М. Ватрухин // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей» 2017. №2 (21). Стр. 16-19.
6. Лузан, Ю.С. Адаптивная радиосвязь в ДКМ диапазоне частот. Современное состояние и перспективы развития / Ю.С. Лузан, Н.П. Хмырова // Техника радиосвязи, 2008. Вып. 13. Стр. 3-24.
7. Шадрин, Б.Г. Повышение помехоустойчивости передачи данных в ведомственных сетях связи декаметрового диапазона / Б.Г. Шадрин, Д.Е. Зачатейский, В.А. Дворянчиков // Техника радиосвязи, 2018. Вып. 1 (36). Стр. 7-19.

8. MIL-STD-188-141B. Department of Defense Interface Standard, 1999.
9. Рябов, А.В. Модель сети радиосвязи с адаптивным управлением энергетическими параметрами передатчиков / А.В. Рябов, А.С. Скорик // Информатика: проблемы, методология, технологии: сб. материалов XX международной научно-методической конференции /под ред. А. А. Зацеринского, Д.Н. Борисова. Воронеж, ВГУ 13-14 февраля 2020 г. – Воронеж: Издательство «Научно-исследовательские публикации» (ООО «Вэлборн»), 2020. – С. 1518-1523.
10. Рябов А. В. Особенности пространственного сложения мощности передатчиков декаметрового диапазона / А. В. Рябов // Телекоммуникации: Ежемесячный производственный, научно-технический, информационно-аналитический, и учебно-методический журнал. – М.: Наука и технологии, 2012. – № 9. – С. 22 – 28.
11. Олифер, В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов.3-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.