

2. Кравченко, В.Ф. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях / В.Ф. Кравченко, О.В. Горячкин, А.А. Зеленский и др.; под ред. В.Ф. Кравченко. – М. : Физматлит, 2007. – 544 с.

3. Барабошин, А.Ю. Практические аспекты высокоскоростной передачи данных по КВ-радиотракту / А.Ю. Барабошин, Д.В. Лучин, Е.Н. Маслов // Труды НИИР. – 2011. – № 2. – С. 24-32.

4. Барабошин А.Ю., Лучин Д.В., Маслов Е.Н. Алгоритм поляризационного пространственного кодирования для системы передачи данных совмещенного радиодиапазона ДКМВ диапазона. Сборник трудов VI Всероссийской научно-технической конференции «Цифровая экономика. Новое время – новые технологии. РОСИНФОКОМ-2020». Самара. 18 ноября 2020 г. / Самара: ПГУТИ, 2020. – 114 с.: с ил. ISBN 978-5-907336-08-7

Барабошин Андрей Юрьевич, начальник лаборатории, филиал ФГУП НИИР — СОНИИР, E-mail: bay@soniir.ru.

Лучин Дмитрий Вячеславович, к.т.н., главный конструктор филиала, филиал ФГУП НИИР — СОНИИР, E-mail: dmyl@soniir.ru.

УДК 621.396.24

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА H-ARQ В КВ-РАДИОСВЯЗИ

Е.М. Шантуров

Филиал ФГУП НИИР — СОНИИР, г. Самара

Ключевые слова: КВ-радиосвязь, H-ARQ, помехоустойчивость.

КВ-радиосвязь является эффективным и проверенным методом передачи данных на большие расстояния, обходящийся значительно дешевле по сравнению со спутниковой связью. В течение последних десятилетий КВ-радиосвязь активно развивалась. Вместе с ее возможностями постоянно росли и требования, такие как повышение скорости передачи данных, уменьшение временной задержки установление канала связи, улучшение помехоустойчивости и т.д. [1].

Для обеспечения гарантии доставки данных без ошибок в современных сетях КВ-радиосвязи передача происходит с применением метода автоматического запроса повторной передачи (automatic repeat request (ARQ)). В случае приема пакета данных с ошибками автоматически осуществляется запроса повторной передачи. Повторные передачи осуществляются, пока на приемной стороне не будет принят пакет с данными без ошибок или количество попыток передачи не достигнет максимального числа [2].

При повторной передаче пакета используется много временного ресурса, из-за чего сильно снижается скорость передачи данных. С учетом

особенностей организации канала КВ-радиосвязи необходимо обеспечить совмещение поддержания высокой скорости передачи данных с гарантией доставки данных. Для решения данной задачи следует использовать современные методы контроля ошибок на приемной стороне.

В качестве развития ARQ можно выделить метод гибридного ARQ (H-ARQ). HARQ включает в себя следующие алгоритмы:

- возрастающую избыточность (incremental redundancy, IR);
- повторение попытки (chase combining, CC).

При использовании алгоритма CC пакет, принятый с ошибками, не удаляют, а сохраняют в буфере приемного устройства. Получив повторно переданный пакет, приемник вновь проверяет его на ошибки. При наличии таких его объединяют со старым пакетом из буфера, что при использовании турбокодирования значительно повышает вероятность исправления ошибок.

Алгоритм IR состоит в том, что каждый повторно передаваемый пакет не просто вновь пересылают по радиоканалу, но и кодируют всякий раз по-разному. В частности, при новом кодировании в процессе перфорации выбрасывают другие биты, чем при предыдущей передаче. В результате декодер получает существенную дополнительную информацию, что улучшает процесс декодирования. Однако использование алгоритма IR требует увеличения объема буфера данных в приемнике. Передачу пакета вкуче с вышеуказанными технологиями повторяют до тех пор, пока он не будет принят без ошибок, либо не будет превышено максимально допустимое число повторных передач [3].

Исследования алгоритмов H-ARQ показали эффективность их применения в мобильной связи. В современных сетях КВ-радиосвязи для организации канала передачи данных используется технология мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM), приемопередающее оборудование построено по технологии программно определяемое радио (SDR), что в совокупности позволяет использовать разные улучшающие помехоустойчивость методы передачи данных. Наличие возможности менять метод кодирования данных на передаче и размер повторно передаваемых пакетов делает систему гибкой к изменяющейся помеховой обстановке. Необходимо провести дополнительные исследования применения алгоритмов H-ARQ в условиях организации канала передачи данных КВ-радиосвязи.

Список использованных источников

1. Wang, J. HF communications: Past, present, and future / J. Wang, G. Ding, H. Wang // China Communications. – 2018. – V. 15, No. 9. – P. 1-9.

2. MIL-STD-188-141D // Interoperability and Performance Standards for Medium and High Frequency Radio Systems – 2017. [Электронный ресурс]. URL:<http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0100->

0299/download.php?spec=MIL-STD-188-141D.055865.pdf (дата обращения: 17.02.21).

3. Системы и сети радиодоступа 4G: LTE, WiMax. / А.Е. Рыжков [и др.] //СПб.: Линк, 2012. – 226 с.

Шантуров Евгений Михайлович, кандидат технических наук, научный сотрудник, ФГУП НИИР – СОНИИР. E-mail: shanturov.em@soniir.ru.

УДК 681.51.54

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ЛЧМ СИГНАЛОВ МЕТОДОМ ЦИФРОВОЙ АДАПТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Д.Б. Амангельды, С.А. Маркелов

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

В работе предлагается вычислительно простой метод оценки значений мгновенной частоты ЛЧМ сигнала.

Схема на рисунке 1 содержит комплексный цифровой фильтр, характеризующийся частотой f_c и фазой φ_c , устройство перемножения действительной и мнимой компонент выходного сигнала фильтра и блок управления.

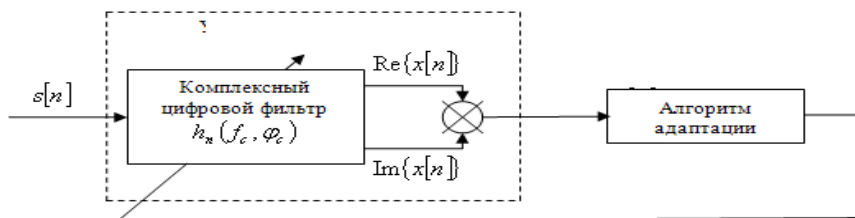


Рисунок 1 – Схема фазовой автоподстройки частоты на основе цифрового адаптивного фильтра

Совокупность фильтра и перемножителя представляет собой аналог классического фазового детектора с перестраиваемой дискриминационной характеристикой и обозначается как управляемый фазовый детектор (УФД). Ошибка, характеризующая величину фазового рассогласования входного сигнала и УФД, формируется как произведение действительной и мнимой компонент выходного сигнала фильтра. Выберем фильтр с импульсной характеристикой следующего вида: