

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ
«ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ
ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО
И Ю.А. ГАГАРИНА» (г. ВОРОНЕЖ)

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
РАДИОЛОКАЦИИ, РАДИОНАВИГАЦИИ,
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОНТРОЛЬНЫХ И
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ВВС**

Сборник научных статей по материалам
VI Международной
научно-технической конференции,
посвященной Дню образования войск связи
**«СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
СИСТЕМ СВЯЗИ
И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
В УПРАВЛЕНИИ АВИАЦИЕЙ»**
8–9 ноября 2017 года

Воронеж
2017

УДК 355.4+351.814+621.39

ББК 68.52+68.439

В63

В63

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж) Актуальные проблемы радиолокации, радионавигации, радиоэлектронных контрольных и измерительных систем на современном этапе развития ВВС [текст] / Сб. науч. ст. по материалам VI Международной науч.-техн. конф., посвященной Дню образования войск связи «Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиацией» (8–9 ноября 2017 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – 370 с.

В сборник включены статьи по материалам докладов, сделанных на заседаниях секций 3, 4 научных направлений VI Международной научно-технической конференции, посвященной Дню образования войск связи (8–9 ноября 2017 г.), и рекомендованные к опубликованию Учёным советом 11 факультета РТО ВУНЦ ВВС «ВВА» 18 декабря 2017 года, протокол № 7 и Учёным советом факультета ОБДА ВУНЦ ВВС «ВВА» 25 декабря 2017 года, протокол № 6.

Сборник состоит из двух разделов.

В первом разделе сборника освещены основные направления развития радиолокационных и радионавигационных систем. Приведены результаты исследований, направленных на повышение эффективности системы радиотехнического обеспечения полетов на основе использования современных радиотехнологий, комплексной автоматизации системы управления полетами, использования беспилотных летательных аппаратов и повышения помехозащищенности радиоэлектронных средств в Военно-воздушных силах. Рассмотрены перспективы развития систем радионавигации, предполагающие интеграцию систем наземной и спутниковой радионавигации и повышения их помехоустойчивости.

Второй раздел сборника посвящен решению актуальных проблем по разработке и созданию радиоэлектронных контрольных и измерительных систем широкого спектра действия. Рассмотрены современные подходы к построению систем неразрушающего контроля и диагностики различных твердых и жидких материалов вооружения, военной и специальной техники. Предложены перспективные подходы к построению экспертных систем оценки качества связи. Большое внимание уделено анализу и синтезу антенных систем и построению приемных устройств для современных радиоэлектронных систем.

Материалы статей предназначены для преподавательского состава вузов, научных сотрудников, докторантов, адъюнктов и соискателей, занимающихся исследованиями по данным проблемам, оперативного состава органов военного управления, занимающегося подготовкой и ведением боевых действий объединений, соединений и частей ВВС, для инженерно-технического персонала предприятий промышленности, которые осуществляют разработку, производство и испытания соответствующих систем, комплексов, средств и техники, а также для курсантов радиотехнических специальностей, проводящих исследования в ходе курсового и дипломного проектирования.

УДК 355.4+351.814+621.39
ББК 68.52+68.439

Без редакционной подготовки
(материалы размножены в авторской редакции)

© ВУНЦ ВВС «ВВА»
(г. Воронеж), 2017

Результаты моделирования, приведенные на рисунке 2, показывают значительное улучшение пропускной способности с предлагаемым треугольным раскрывом [3].

Таким образом, применение данной технологии позволяет поострить сверхширокополосные излучатели с экспоненциальными раскрывом щели, которые будут обладать вышеизложенными характеристиками.

Особенностью применения данных структур заключается в том, что они сохраняют основные преимущества классических волноводов т.е. большая передаваемая мощность, малые потери, полностью экранированная структура, высокая добротность резонаторов, но при этом приобретаются черты планарных структур, а именно малые размеры и вес, низкая стоимость производства. Одно из главных преимуществ этой технологии – это возможность интегрировать все компоненты на одной подложке, включая пассивные компоненты, активные элементы и даже антенны, что позволяет реализовывать разнообразные антенные структуры в печатном исполнении для различных частотных областей с сохранением основных электродинамических характеристик и масса-габаритных показателей, это не маловажный аспект при проектировании плоских антенных решеток как для систем наземной спутниковой связи, так и для систем беспроводного широкополосного доступа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Вендик О.Г. Антенны с электрическим сканированием / Вендик О.Г., Парнес М.Д., Бахрах Л.Д. Science Press. 2001. 252 с.

2 Sang-Gyu, K. and C. Kai, «A low cross-polarized antipodal Vivaldi antenna array for wideband operation» 2004 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol. 3, 2004. С. 2269–2272.

3 Белоусов О.А., Курносков Р.Ю., Горшков П.А., Рязанова А.Г. Синтез цилиндрической фазированной антенной решетки на основе логопериодических вибраторных антенн для систем широкополосного доступа стандарта IEEE802.11, IEEE802.16 // Вестник ТГТУ. 2015. № 21. С. 266–272.

4 Алькубати, А.Ф., Муромцев Д.Ю., Шамкин В.Н. Определение вероятностей состояний функционирования сложных систем при эрланговском распределении времен работы и восстановления их элементов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 1. С. 6–16.

-
-

УДК 681.58

Д.Р. КУЗЯЕВ

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» (г. Тамбов)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ ДЛЯ ЛИНИИ ПРОИЗВОДСТВА ЧЕТЫРЕХСЛОЙНОГО МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВОГО ЛЕНТОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Анализ использования беспроводной системы обмена информации между датчиками линия производства четырехслойного металлофторопластового ленточного материала. Рассмотрение важных параметров при использовании данной системы: время жизни оконечного устройства и затухания электромагнитной волны.

Непрерывный контроль требует сбора информации с первичных преобразователей и передачи ее в микропроцессорное устройство для последующей обработки, и обмена информацией между контролирующими устройствами и базой данных.

Использование кабельных коммуникаций для сбора данных с различных датчиков контроля или для управления процессом производства различных машин затруднительно, т.к. линия производства четырехслойного металлофторопластового ленточного материала может занимать более 40 м и иметь несколько десятков информационных приемо-передающих датчиков.

Для обмена данными целесообразно использовать беспроводную телеизмерительную систему сбора данных и обмена информацией.

Использование данных сетей позволяет создать телеизмерительную систему контроля качества характеристик четырехслойного металлофторопластового ленточного материала практически в любом месте эффективно, оперативно и без значительных затрат и позволяет оператору иметь непрерывный доступ к информации о состоянии изготавливаемого изделия.

По всей линии производства четырехслойного металлофторопластового ленточного материала (рисунок 1) имеются множество датчиков, от каждого из которых должна поступать оперативная информация о качестве контролируемого параметра в определенные промежутки времени. Информация с датчиков обрабатывается и принимается решение о качестве изготавливаемого изделия и при необходимости оценивается возможность корректировки процесса изготовления.

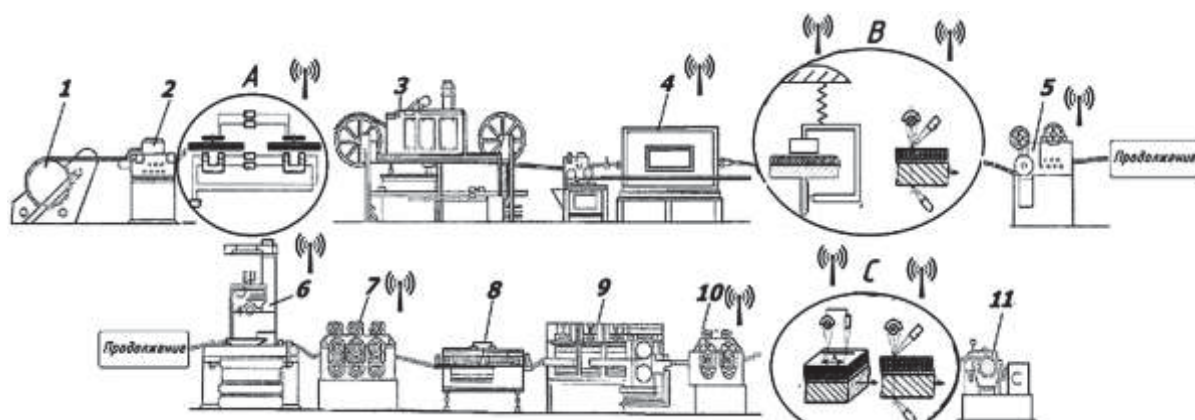


Рисунок 1 – Линия производства четырехслойного металлофторопластового ленточного материала

Беспроводная сеть образуется тремя основными видами устройств, как показано на рисунке 2, разделяемых по выполняемым функциям. Первый вид устройств образуют датчики, которые измеряют параметры ленточного материала (толщины, сплошность), и в зависимости от значения параметра вырабатывают определенный сигнал. Второй вид составляют исполнительные устройства, принимающие данные от датчиков и по заданному алгоритму преобразуют в сигнал. К третьему виду относятся устройства, обеспечивающие беспроводную передачу данных в пределах единой сети и, соответственно, хранящие конфигурацию сети и поддерживающие маршрутизацию.

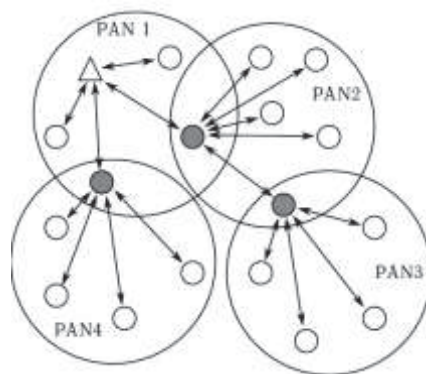


Рисунок 2 – Топология сети IEEE 802.15.4

Наиболее перспективный на сегодняшний день способ построения систем телеметрии промышленного назначения с использованием беспроводных сенсорных сетей стандарт IEEE 802.15.4 (ZigBee) [1].

Этот стандарт обладает следующими характеристиками: дальность передачи между соседними узлами ZigBee возможна передача данных внутри помещений на расстояниях до 20–30 м. Пропускная способность радиоканала составляет около 250 кбит/с. Помехоустойчивость технологии ZigBee выше, чем у аналогов, поскольку используется разбиение частотного диапазона на 16 каналов (по 5 МГц каждый).

Стандартом IEEE 802.15.4 и дальнейшими рекомендациями к стандарту определено предельное отношение сигнал/шум для передачи данных с 1 % ошибок, которое равно 3 дБ.

При проектировании системы, основанной на радиоканале, время жизни окончного устройства и затухания электромагнитной волны (расстояние) между ретрансляторами является важными параметрами, которые будут влиять на процесс проектирования и монтажа системы.

Для оценивания среднего времени жизни устройства в течение всей процедуры обмена данными между двумя узлами, можно воспользоваться следующей моделью:

$$t_{ed} = \frac{E_0 \cdot f_{proc}}{\left(\frac{P_a t_{wait} + P_{rx} t_{CCA} + P_{tx} t_{data} + P_{rx} t_{ACK}}{t_{wait} + t_{CCA} + t_{data} + t_{ACK}} \right) \cdot \frac{M \cdot C}{t_a + t_r}},$$

где t_{wait} – время ожидания освобождения канала, если канал свободен обменивается информация, в противном случае ожидается освобождение канала; t_{CCA} – время на определение занятости канала;

$t_{data} = \frac{L+O}{f}$ – время обмена данными (L – размер пакета данных, O – служебной информации, в битах;

$f = 250$ кбит/с); t_{ACK} – время подтверждения обмена данными, которое зависит от длины кадра; t_r –

время выхода из режима сна; t_a – время считывания показаний с измерительных устройств; P_{rx} –

потребляемая мощность в режиме передачи; P_{tx} – потребляемая мощность в режиме приема; P_a –

потребляемая мощность в режиме обработки данных (считывания показаний с измерительных устройств); E_0 – питание окончного устройства; M – количество операции для выполнения одного

цикла обмена данными; C – количество циклов; f_{proc} – частота работы процессора.

В общем, время, необходимое для выполнения обмена данными в активном режиме, можно представить в виде диаграммы, представленной на рисунке 3.

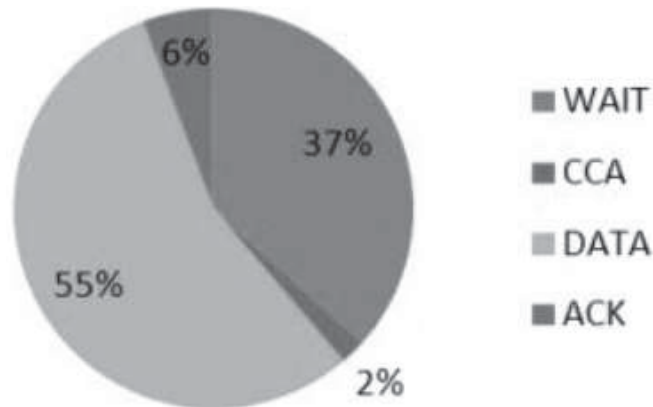


Рисунок 3 – Распределение времени в цифровой сети стандарта IEEE 802.15.4

Также важно оценивать затухания электромагнитной волны в зависимости от расстояния и типа объекта, по которому проходит сигнала.

Рассмотрим модель учитывающая ослабление сигнала в промышленных помещениях при прохождении через различные препятствия, многолучевость распространения, а также на остальные механизмы возникновения потерь, которые могут возникнуть в пределах одного этажа здания. Основная модель потерь имеет следующий вид [3]:

$$L_t = 20 \log_{10} f + N \log_{10} d + L_f(n) - 28,$$

где N – коэффициент потерь мощности (для промышленных помещений равен 22 [3]); f – частота (МГц); d – расстояние между двумя узлами (м); $L_f(n)$ – коэффициент потерь за счет прохождения сигнала через пол (дБ); n – количество этажей между базовой станцией и переносным терминалом ($n \geq 1$).

На рисунке 4 построен график ослабления сигнала в промышленном помещении в зависимости от расстояния между двумя ретрансляторами.

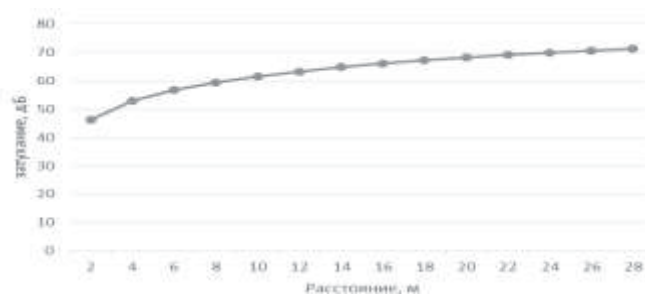


Рисунок 4 – График ослабления сигнала в зависимости от расстояния между двумя ретрансляторами

В заключении можно сказать, что внедрение системы ZigBee в производство позволит оперативно получать информацию от всех датчиков, что позволит повысить эффективность принятия решений, избежать производства дефектной продукции. Также в статье были рассмотрены такие важные параметры, как время жизни окончательного устройства и затухания электромагнитной волны с учетом типа объекта, по которому проходит сигнал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Москвитин С. П., Комраков Д.В. Построение систем телеметрии промышленного назначения с использованием беспроводных сенсорных сетей // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 2. С. 87–91.

2 Баскаков С. С. Исследование способов повышения эффективности маршрутизации по виртуальным координатам в беспроводных сенсорных сетях // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. 2009. № 2. С. 112–124.

3 Рекомендация МСЭ-R P.1238-5 (2007). Данные о распространении радиоволн и методы прогнозирования для планирования систем радиосвязи внутри помещений и локальных зонных радиосетей в частотном диапазоне 900 МГц – 100 ГГц // Публикации МСЭ / International Telecommunication Union // URL: http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/RREC-P.1238-5-200702-S!!PDF-R.pdf (дата обращения: 22.09.2017).

УДК 621.398

И.Ю. КУРЬЯНОВ, И.А. БУРНОСЕНКО, К.А. БЕРДНИК

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВЫСОКОТОЧНОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЦЕЛИ ПО СОСТАВНОМУ СИГНАЛУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИНЦИПОВ СГЛАЖИВАЮЩЕЙ ФИЛЬТРАЦИИ

В статье представлена модель процесса высокоточного сопровождения цели по составному сигналу в условиях преднамеренных помех, осуществляющая измерение углов рассогласования между направлением на управляемую ракету и оптической осью медианного фильтра. Разработан способ повышения помехоустойчивости предложенной системы на основе принципов сглаживающей фильтрации с использованием принципа медианной фильтрации.

В интересах защиты вертолета от атакующих управляемых ракет, разработана модель процесса высокоточного сопровождения цели по составному сигналу в условиях преднамеренных помех, осуществляющая измерение углов рассогласования между направлением на управляемую ракету и оптической осью матричного фотоприемника, на основе алгоритма суммарно-разностной обработки сигналов с ошибками, не превышающих $5 \cdot 10^{-5}$ рад. В целях повышения эффективности функционирования системы высокоточного изображения цели по составному сигналу разработана программа на языке C#, использующая принцип сглаживающей фильтрации на основе применения медианной фильтрации.