

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.396.962.23

Ковалевский
Павел Иосифович

Адаптивный квазиоптимальный алгоритм оценки доплеровского сдвига
частоты

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-39 80 02 "Радиотехника, в том числе системы и устройства
радионавигации, радиолокации и телевидения"

Научный руководитель
Бусла Андрей Петрович
кандидат технических наук

Минск 2016

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача автомобильной навигации заключается в проведении объекта по заданной траектории в заданное время. Для решения этой задачи необходимо знать целый ряд параметров движения: направление, скорость, величина пройденного пути, время и др. Для определения таких параметров, как скорость и пройденный путь в настоящее время существует большое число решений. К таким решениям относятся всевозможные одометры, спидометры, приёмники систем спутниковой навигации и т.д. Тем не менее, таким системам присущи определенные недостатки.

К радиотехническим методам измерения скорости и пройденного пути относится применение доплеровского датчика скорости. В основе этого метода лежит обработка доплеровского сигнала разностной частоты. К преимуществам такого способа можно отнести высокую потенциальную точность измерений, зависящую лишь от длины волны излучаемого сигнала, отсутствие привязки к маякам навигационных систем и необходимости передавать радиосигналы на длительные расстояния, отсутствие механического контакта с частями автомобиля для измерения скорости. Для повышения точности измерений, проводимых такими системами, при обработке отражённых сигналов необходим учет наличия производных доплеровской частоты в связи с тем, что движение объекта со значительными радиальными ускорениями приводит к дополнительной частотной модуляции отражаемого сигнала. Другой подход заключается в нахождении такого способа обработки доплеровского сигнала, при котором такое слежение бы не требовалось.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования: разработать адаптивный квазиоптимальный алгоритм оценки доплеровского сдвига частоты, обеспечивающего более высокую точность определения пройденного пути и скорости по сравнению с существующими.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

1. Анализ влияния радиального ускорения объекта на характеристики доплеровского фильтра и точность оценки параметров движения объекта;
2. Анализ существующих способов измерения доплеровской частоты;
3. Синтез квазиоптимального адаптивного алгоритма оценки доплеровского сдвига частоты;
4. Разработка имитационной модели исследуемой системы;
5. Оценка эффективности разработанного алгоритма.

Объект исследования: доплеровский датчик скорости с моногармоническим излучением.

Предмет исследования: параметры доплеровского сигнала и программное обеспечение доплеровского датчика скорости.

Личный вклад соискателя. Основные теоретические результаты диссертационной работы получены автором самостоятельно. Автор лично разработал:

- подход к фазовой обработке сигнала доплеровского сдвига частоты для использования доплеровского датчика с целью оценки пройденного пути;
- имитационную модель, позволившую оценить качество работы разработанного алгоритма, а также выполнить сравнительный анализ различных алгоритмов обработки доплеровского сигнала.

Практическая значимость результатов диссертационных исследований обуславливается разработкой быстродействующего алгоритма обработки доплеровского сигнала с повышенной точностью определения пройденного пути, предназначенного для применения в навигационных системах наземных транспортных средств.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и приложения. Общий объём диссертации составляет 76 страниц, включая приложения, и содержит 33 иллюстрации, 5 таблиц, библиографический список из 20 наименований и 3 приложения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показано, в чем заключается научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В главе 1 определены параметры сигналов и свойства объектов, при которых необходим учет ускорения для повышения эффективности обработки сигналов с нелинейным изменением доплеровской фазы. Так же произведен обзор и анализ существующих методов и алгоритмов обработки доплеровских сигналов. На основе произведённого анализа обозначена цель работы и поставлены задачи, необходимые для ее решения.

В главе 2 была выделена связь фазы доплеровского сигнала и пройденного пути транспортного средства. На основе полученной зависимости был разработан алгоритм обработки доплеровского сигнала. Полученный алгоритм не содержит в себе ошибок, связанных с движением объекта с ускорением, так как при действии ускорения возникает межпериодный набег фазы, что в свою очередь приводит к ошибкам измерения частоты, а в новом алгоритме измеряется непосредственно фаза. Для устойчивости к шумам был синтезирован адаптивный алгоритм устранения шума, который в результате повысил устойчивость алгоритма к мешающим воздействиям, так как имеет сглаживающие свойства.

В главе 3 приведена структура имитационной модели и описаны принципы её работы. Так же в ней приведены результаты имитационного моделирования, где на всех смоделированных треках при идентичных исходных сигналах новый алгоритм показал лучшие результаты в точности в сравнении с алгоритмом на основе БПФ, особенно в точности определения пройденного пути.

В заключении описаны основные результаты, полученные в ходе выполнения работы, приведены количественные показатели эффективности синтезированных алгоритмов.

В приложении приведены листинг программы моделирования, копии публикаций автора и презентация к защите магистерской диссертации.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных диссертационных исследований получены следующие основные результаты.

1. Анализ характеристик спектра доплеровского сигнала и влияние на его параметры характеристик движения автомобиля показал наличие эффекта расширения спектра при движении объекта с ускорением. Наличие данного эффекта приводит к появлению ошибок, вызванных «просачиванием» отраженного сигнала в соседние каналы скорости.

2. С целью повышения точности работы доплеровского измерителя скорости был разработан алгоритм фазовой квадратурной обработки доплеровского сигнала, в котором пройденный путь определяется по изменениям фазы сигнала разностной частоты. Для увеличения робастности к шумам был синтезирован адаптивный алгоритм устранения шума на основе вейвлет-фильтрации. С целью упрощения работы алгоритма в реальном времени на цифровых сигнальных процессорах была выполнена оптимизация алгоритма по скорости.

3. Анализ качества работы разработанного алгоритма был проведен с помощью имитационного моделирования. С этой целью была сформирована модель движения транспортного средства, модель формирования доплеровского сигнала. Сравнение разработанного алгоритма выполнено с измерителем скорости на основе БПФ, модель которого также была разработана в работе. В результате предложенный алгоритм показал значительные преимущества при всех тестовых воздействиях. Ошибка определения пройденного пути не превысила 0,009 % при ОСШ равном 6 дБ. Так же, исследование влияния мощности шума на точностные характеристики, показало, что у разработанного алгоритма ошибки по всем измеряемым параметрам стремятся к нулю при ОСШ ≥ 2 дБ.

Алгоритм разрабатывался для его применения в составе навигационной аппаратуры наземных транспортных средств, однако может применяться и в других системах, использующих эффект Доплера, например, системах контроля за движением.

4. В качестве направлений дальнейшего исследования представляет интерес комплексирование разработанного алгоритма с целью увеличения робастности доплеровской системы. Первый подход – применение дополнительных антенн, расположенных в отличных от исходной плоскостях с целью компенсации качения автомобиля. Второй подход – применение фильтра Калмана или другого подобного алгоритма для того, чтобы инерционно оценивать пройденный путь даже в отсутствии отраженных сигналов.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1 – А.] Ковалевский П. И. Оценка возможностей применения доплеровского измерителя скорости для навигации наземных транспортных средств / П. И. Ковалевский, А. П. Бусла // 51-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов. Материалы секции "Радиотехнические системы" – БГУИР, 2015 – С. 33.

[2 – А.] Ковалевский П. И. Применение доплеровского датчика скорости для оценки пройденного пути / П. И. Ковалевский, А. П. Бусла // 11-я Международная молодежная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций, РТ - 2015». Материалы секции "Радиотехнические системы и устройства" – СевГУ, 2015.

Библиотека БГУИР