

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

Селиванов
Иван Александрович

Применение датчиков мобильных устройств для обработки информации о состоянии окружающей среды

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени
магистра технических наук

по специальности 1-40 80 05 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Бранцевич П. Ю.

Научный руководитель

к.т.н., доцент

Минск 2014

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Датчики давно и широко используются в различных отраслях: автомобильной, в инфраструктуре городов, в различных технических устройствах. На сегодняшний день большое распространение получают переносимые устройства для обычного пользователя, оснащенные различными датчиками движения, давления, температуры и др. Такие устройства позволяют получать актуальную информацию об окружающей среде, о взаимодействии человека с ней. Это может быть атмосферное давление и высота над уровнем моря, температура окружающей среды; скорость бегущего человека, на котором прикреплено переносимое устройство.

Обработав такие данные с сенсоров, можно получить более конкретную информацию о специфических действиях, производимых над сенсором – это может быть удар теннисной ракеткой. Тогда, с помощью соответствующего программного обеспечения, можно узнать скорость и длительность удара, его траекторию. Также, можно вычислить и другие физические параметры ракетки. Данные устройства могут предоставить множество информации для спортсменов о всех действиях, которые они производят.

Использование мобильных устройств с датчиками в различных видах спорта еще не получило широкого распространения, так как анализ и обработка данных, получение такой специфической информации требует больших затрат на разработку соответствующих алгоритмов и программного обеспечения, которые позволят правильно интерпретировать данные с датчиков мобильных устройств. Как правило, такие устройства имеют малую вычислительную мощность, они не могут выполнять такие сложные операции, поэтому должны передавать данные на более мощные компьютеры, которые, в свою очередь, смогут обработать информацию с датчиков мобильных устройств. Однако, передача данных на обычные персональные или другие компьютеры сопряжена с проблемой мобильности – то есть человек, пользующийся таким переносимым устройством, не сможет просматривать информацию, собранную с датчиков, прямо во время каких-либо действий. Эту проблему могут решить смартфоны, они также мобильны, поэтому передача данных на них является более простой задачей.

Современные смартфоны имеют хорошую вычислительную мощность, средства представления информации, большие объемы продаж, а также имеется желание потребителей использовать их для различных целей. Следовательно,

обработка данных от датчиков мобильных устройств, передача данных на смартфоны и создание программных средств на их базе является актуальной задачей и может представлять интерес для пользователей.

В процессе обработки данных с таких датчиков можно получить информацию о различных физических составляющих человека, пользующегося мобильным устройством. С помощью данной информации можно классифицировать различные движения и состояния устройства и пользователя.

Разработка программного обеспечения для обработки таких данных является актуальной задачей, так как такое ПО будет важной составляющей при создании программных средств с использованием датчиков мобильных устройств. Такие программные средства могут быть востребованы в разных областях использования, например, при анализе спортивных состязаний.

Исследование и анализ данных, снимаемых с датчиков, включают в себя вопросы правильной обработки, фильтрации и интерпретации этих данных для получения достоверной информации об окружающей среде. Этим исследованиям, а также разработке методов, алгоритмов и программных средств для решения выше описанных задачи предполагается посвятить данную диссертационную работу.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является анализ методов и алгоритмов обработки данных с датчиков мобильных устройств, их фильтрации и получения актуальной информации о среде и взаимодействии с ней человека; разработка соответствующего программного обеспечения, которое способное наглядно отобразить необходимую информацию, полученную с датчиков.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ существующих переносимых устройств с датчиками и их программного обеспечения, найти основные недостатки и выявить направления решения этих проблем.
2. Провести сравнительный анализ методов и алгоритмов обработки данных, полученных с датчиков мобильных устройств.
3. Исследовать способы интерпретации данных, разработать алгоритмы интерпретации данных, полученных с датчиков.
4. Предложить структурную организацию программного средства, обеспечивающую обработку и отображение актуальных данных, получаемых от датчиков мобильных устройств.
5. Реализовать предложенные алгоритмы и провести экспериментальные исследования на реальных данных.

Объектом исследования являются данные, получаемые с датчиков мобильных устройств.

Предметом исследования является программное обеспечение цифровой обработки сигналов и экспериментальных данных, получаемых с датчиков мобильных устройств.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность использования датчиков ускорения, угловой скорости и др. для получения от них данных о движениях и других действиях, производимых над ними, а также обработки этих данных для получения актуальной информации и статистики о действиях над сенсорами.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

Работа выполнялась в соответствии научно-техническими заданиями и планами работ кафедры «Программное обеспечение информационных технологий», и хозяйственными договорами с предприятиями Республики Беларусь:

«Разработать модели, методы, алгоритмы для оценки параметров, повышения надежности и качества функционирования аппаратно-программных средств систем и сетей сложной конфигурации и внедрить в современные обучающие комплексы » (ГБ № 11-2004, № ГР 20111065, научный руководитель НИР – В. В. Бахтизин).

Личный вклад соискателя

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично. Вклад научного руководителя П. Ю. Бранцевича, заключается в формулировке целей и задач исследования.

Апробация результатов диссертации

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на 50-й научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов БГУИР (Минск, Беларусь, 2014); VI международной Интернет-конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Инновационные технологии: теория, инструменты, практика» (Пермь, Россия, 2014).

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликована 1 работа в сборниках трудов и материалов международной конференции.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка использованных источников, списка публикаций автора и приложений. В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования,

показаны направления их решения. Вторая глава посвящена изучению теории по целевым направлениям. В третьей главе исследованы и разработаны алгоритмы определения активностей. В четвертой главе предложена практическая реализация ПС для обработки сенсорных данных, представлены результаты экспериментальных исследований данных, полученных от датчиков.

Общий объем работы составляет 63 страницы, из которых основного текста – 47 страниц, 18 рисунков на 8 страницах, список использованных источников из 32 наименований на 3 страницах и 2 приложения на 4 страницах.

Библиотека БГУИР

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В первой главе представлен анализ предметной области, выявлены основные существующие проблемы в рамках тематики исследования, показаны направления их решения.

В переносимых устройствах наиболее часто используемыми датчиками являются акселерометры, гироскопы и магнитометры, а также датчики давления и температуры. На данный момент большинство смартфонов оснащено таким набором сенсоров, и стремительно набирающие рынок небольшие устройства-сенсоры состоят именно из этого набора датчиков.

Рассмотренные в данной главе переносимые устройства имеют общий недостаток: узкая специализация по обработке информации. Каждое устройство имеет свою узкую направленность в подсчётах какой-либо статистики. Те устройства, ПО которых позволяет наиболее полно раскрывать статистику, собираемую с помощью датчиков, еще находятся в стадии разработки, при этом цена на такие устройства уже сейчас довольно высока.

В рамках данной диссертации необходимо исследовать проблематику определения активностей, найти универсальные способы нахождения таких активностей и разработать соответствующие алгоритмы. Также необходимо рассмотреть теоретическую базу активностей и понять, каким образом они могут различаться в разных ситуациях и разных воздействиях на сенсоры.

Основной целью данной работы является разработка программного средства для обработки информации, полученной с датчиков мобильных устройств, при этом данное ПО должно удовлетворять таким требованиям, как: кросс-платформенность – обработка информации должна выполняться на любой машине независимо от её платформы, так как такая обработка может понадобиться на сервере сайта, в приложении на смартфоне, на самом переносимом устройстве; невысокие требования к вычислительной мощности – в случае использования ПО на переносимом устройстве оперативная память и мощность микроконтроллера достаточно малы.

Вторая глава посвящена разработке архитектуры ПО и алгоритмов для систем вибрационного контроля, обеспечивающих непрерывную регистрацию и определение амплитудно-фазовых параметров.

Существует довольно большое количество методов программной фильтрации данных. Основным достоинством перечисленных является простота реализации и выполнение задачи – эффективное удаление шумов. Однако при этом, большинство данных методов имеют такой недостаток, как необходи-

мость в некотором изначальном наборе данных для вычисления текущего фильтрованного значения. Это накладывает ограничение в виде возможности обрабатывать наборы данных только постфактум или с запаздыванием в реальном времени. Таким недостатком не обладает метод экспоненциального сглаживания, однако в нём значение текущей точки зависит от фильтрованных предыдущих значений, что оказывает эффект временного сдвига всех данных. При обработке данных программными методами фильтрации характер сигнала остаётся верным с избавлением от шумов, однако при этом точность самих данных уже под сомнением. Метод скользящего усреднения является наиболее точным среди приведённых, хоть и также требует начального набора данных.

Самыми распространёнными методами интегрирования дискретных данных являются метод прямоугольников и метод трапеций. При интегрировании прямоугольниками довольно высока погрешность вычислений, эта погрешность сильно уменьшается при интегрировании трапециями, при этом оба этих метода являются довольно простыми. В соотношении простота реализации – точность вычислений метод трапеций представляется наиболее удачным способом получать скорость и перемещение на основе ускорения.

Методов классификации на данный момент есть множество, однако в рамках текущей работы требуются методы наименее требовательные к памяти и производительности, поэтому рассматривались деревья принятия решений и метод логистической регрессии.

В третьей главе предложены методы формирования диагностических признаков и определения информативно значимых параметров для СППР по оценке ТС сложных механизмов на основе вейвлет-анализа и спектрального анализа.

Программная фильтрация полезна при определении активностей, так как необходимость в абсолютной точности данных отсутствует, при этом сглаживание позволяет качественно избавиться от шумов и сохранить общий характер сигнала. Однако для вычислений программная фильтрация не подходит, поэтому после прохождения алгоритма определения активностей данные должны проходить в дальнейшие вычисления не фильтрованными.

Разработанный общий алгоритм определения активностей позволяет находить большинство типов активностей, независимо от того, какого рода эта активность и какие данные нужны для её определения, так как эти условия можно параметризовать для реализованного алгоритма. Данный алгоритм универсальным в текущей стадии исследований в нашей области.

В четвертой главе предложена практическая реализация ПО для многоканальной системы вибрационного контроля и поддержки принятия решений, представлены результаты экспериментальных исследований метрологических характеристик и практического применения разработанной системы.

Разработанное программное средство является библиотекой, реализованной на языке C++ в целях поддержки библиотекой различных платформ, в частности, персональных компьютеров на разных ОС, смартфонов до iOS и Android, а также для возможности внедрения библиотеки в ПО микроконтроллера на сенсоре.

Библиотека реализована таким образом, что её использование максимально упрощено для разработчиков, которые будут её использовать. На вход библиотеки подаётся поток сенсорных данных, на выход отдаётся некая сущность, характеризующая всю вычисленную информацию об активности. При этом предоставлено API для создания конкретных реализаций алгоритмов, которые необходимо использовать.

В рамках улучшения качества вычисления кинематических данных был внедрён разработанный алгоритм «детектора остановки» и добавлена аппаратная фильтрация сенсорных данных, однако всё ещё не найден способ избавиться от постоянной составляющей сигнала в вычислениях кинематики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Исследованы различные методы и алгоритмы программной фильтрации и интегрирования ускорения, из них экспериментально выбраны и реализованы оптимальные, которые выполняют поставленные перед ними задачи: алгоритм фильтрации через скользящее усреднение и метод трапеций для интегрирования ускорения. Рассмотрены различные алгоритмы распознавания и машинного обучения, среди них выбраны наиболее оптимальные для целей диссертации – дерево принятия решений и метод логистической регрессии. Данные алгоритмы наиболее подходят под поставленную задачу как методы, которые не требуют много оперативной памяти и вычислительной мощности для классификации. Эмпирически выявлено, что метод логистической регрессии имеет более высокое качество распознавания, чем дерево принятия решений, поэтому как окончательный алгоритм выбран именно метод логистической регрессии.

2. Рассмотрено понятие активности, как некоего всплеска значений показаний сенсора. Данная сущность помогает сформировать представление об изменениях показаний сенсора и предоставляет возможность проводить анализ данных через определение активностей на данных сенсоров. В общем виде понятия активности не важны назначение датчика (в том числе и сущности, которые он измеряет) и сами свойства активности – ею может быть любой всплеск или изменение показаний датчика.

3. Через понятие активности разработан универсальный алгоритм определения активности, который способен определять большинство различных всплесков любого сигнала. Данный алгоритм реализован в рамках разработки ПО для обработки спортивной статистики, поэтому применяется для определения активностей, которые являются некими движениями спортсменов (в частном случае). Алгоритм способен работать в режиме реального времени, то есть, он определяет активности, как только ему подаются соответствующие данные. Для нахождения конкретных активностей алгоритм параметризуется специальными параметрами, которые характеризуют интенсивности активности, а также ему на вход подаются не сами сенсорные данные, а специальное вычисленное значение, которое также параметризуется для конкретных случаев.

4. Разработано некоторое количество специальных алгоритмов определения активностей, которые не подпадают под описание обычной актив-

сти. К примеру, активности с большой длительностью и характером сигнала, который на самом деле не является зашумленным, но при этом большинство точек сигнала мешают определить активность. Или активность является сложной, состоящей из нескольких простых активностей. Однако все специальные алгоритмы можно реализовать через использование универсального алгоритма. Набор разработанных алгоритмов определения активностей собирается в программный модуль, который может определять большинство активностей.

5. Разработано программное средство для обработки сенсорных данных и вычисления по ним необходимой информации. Это кроссплатформенная библиотека, которую, кроме смартфона и компьютера, можно использовать на самом переносимом устройстве. Библиотека предоставляет удобное API для её использования и получения конкретных результатов.

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Полученные результаты формируют теоретическую и практическую базу для разработки ПО для обработки информации, получаемой с любых датчиков, и корректной интерпретации сенсорных данных.

2. Разработанные методы и алгоритмы определения активностей, а также разработанное программное средство можно использовать для создания конечных приложений по отображению различных параметров статистической обработки исходных данных, полученных от датчиков мобильных устройств с помощью разработанной библиотеки.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Селиванов, И.А. Вычисление кинематики движения на основе сенсорных данных / И.А. Селиванов // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика: материалы VI Международной Интернет-конференции молодых учёных, аспирантов, студентов. – Пермь: ПНИПУ, 2014. – с. 168–171.

Библиотека БГУИР