

щий сигнал. Расчеты выполняются циклически и чем чаще – тем быстрее регулятор реагирует на изменения в системе.

ПИД-регулятор прост в реализации и настройке и хорошо реагирует на изменения в системе.

Реализуется регулятор по следующей формуле:

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de}{dt}$$

Kp: коэффициент усиления пропорциональной компоненты

Ki: коэффициент усиления интегральной компоненты

Kd: коэффициент усиления дифференциальной компоненты

e: разница между текущим и требуемым состоянием системы

Комплекс в сборе представляет собой обычный ноутбук с запущенной программой Autocam, к которому подключены MS Kinect и камера Axis, установленные соосно на одной площадке. При появлении человека в зоне контроллера Kinect программа автоматически переходит в режим слежения за этим человеком, постоянно держа его в кадре. Когда человек покидает границы кадра – программа переключается на следующего человека, находящегося в кадре. Если людей в кадре нет – камера возвращается в предустановленную позицию.

Основной недостаток данного комплекса заключается в контроллере Kinect: зона его уверенного действия составляет 1.5-3 метра, а угол обзора – около 60 градусов. Это значит, что область, охватываемая контроллером невелика. Поэтому параллельно решается задача о распознавании человека и слежения за ним без использования отдельной аппаратуры, а только по видеоизображению.

Опытный образец комплекса тестируется на трансляциях защит и уже показал свою эффективность и перспективность. Производится доработка и отладка комплекса, добавляется новый функционал.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БЕСПРОВОДНЫХ АУДИО-СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

И.В. Карпов

факультет Автоматики и вычислительной техники

Беспроводные сенсорные сети – это сети, предназначенные для сбора информации из окружающей среды с помощью различных датчиков (влажности, освещенности, давления). Данный тип сетей относится к WPAN-сетям (беспроводным персональным сетям) и стоит наряду с такими сетевыми технологиями, как Bluetooth, 6LoWPAN, Wibree [1]. Описанные сетевые стандарты беспроводных персональных сетей активно развиваются, также развиваются и беспроводные сенсорные сети, основанные на стандарте IEEE 802.15.4 (ZigBee). В отличие от других, данный вид сетей ограничен ресурсами (памятью, быстродействием и т.д.). Как уже было сказано, сенсорные сети состоят из датчиков, которые собирают информацию из окружающей среды. Таким датчиком для сбора информации может служить микрофон, а сеть, где в качестве датчика применяется микрофон, называется аудио-сенсорной.

Основной целью работы является определение существующих проблем в аудио-сенсорных сетях для выявления перспективных направлений исследований. В связи с чем, необходимо осуществить поиск, изучить существующие разработки в данной области и сделать выводы.

В последнее время проводятся исследования в области беспроводных аудио-сенсорных сетей такими зарубежными университетами, как Carnegie Mellon University (США), University of Alberta (Канада), University of Victoria (Канада), The University of New South Wales (Австралия). Аудио-сенсорные сети в исследованиях применяются для создания аудио-связи при чрезвычайных ситуациях [8], при построении систем в области здравоохранения [12], в военных целях [13] и для мониторинга энергопотребления [14]. При построении таких систем появляется ряд проблем, требующих исследования.

В работе «Аудио распознавание с помощью распределенной беспроводной сенсорной сети» [2] для классификации музыки и речи используется локальная обработка звуковых данных. «Невысокая скорость передачи данных является узким местом в беспроводной сенсорной сети, поэтому необходима сбалансированность между издержками на передачу и обработку». Прежде чем передать «сырые» звуковые данные на главный модуль, данные проходят предобработку на модуле (вычисляется RMS, центр масс спектра, спектральная плотность энергии, из временной области данные переводятся в частотную), тем самым появляется возможность собирать данные с большего количества датчиков и, таким образом, увеличивается вероятность распознавания (Рис. 1).

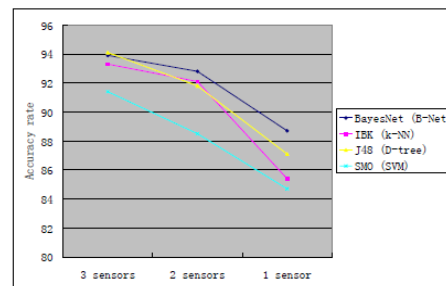


Рис. 1. Вероятность распознавания музыки и речи при разном количестве сенсоров

Основной расход энергии в беспроводных сенсорных сетях приходится на передачу данных, поэтому за счет предобработки и уменьшения количества передаваемых данных уменьшается в целом энергопотребление системы.

Так для уменьшения загрузки сети и энергопотребления в работе «Беспроводные сенсорные сети для захвата голоса в стандартных домашних условиях» [3] для распознавания голосовых команд пользователя применяется разделение узлов на кластеры. Сеть состоит из распределенных модулей с микрофоном и главного модуля – компьютера, производящего конечные вычисления. Оконечные модули делятся на кластеры, в которых имеются свои координаторы. Для обнаружения события оконечные модули в каждом кластере работают с частотой дискретизации 2 кГц. При превышении заданного порога оконечные модули посылают координатору кластера сообщение о событии, в ответ на которое, координатор выбирает модуль для сбора информации. Выбранный модуль переходит в режим с повышенной частотой дискретизации (8 кГц) для записи данных и, по окончании записи, передает их координатору кластера.

Однако, как и в первой описанной работе, так и во второй для проведения более ресурсоемких вычислений применяются устройства с повышенной производительностью (компьютер, ноутбук), а не сама распределенная сеть. Таким образом, сенсорная сеть становится зависимой от более мощного устройства и, тем самым, появляются ограничения на применение данной сети. Например, эти сети не могут использоваться в условиях открытой местности (в

парках, лесах) для проведения мониторинга за окружающей средой [4, 5, 6, 7], так как они не являются полностью автономными.

В работе [5] в условиях открытой местности, при использовании автономной беспроводной аудио-сенсорной сети, данные об окружающей среде хранятся на модулях. Для оптимизации их хранения применяются специальные методы. Аудиоданные, получаемые из внешней среды, записываются в память модулей только при превышении порога события, таким образом, не записывается фоновый шум. Для хранения и последующего поиска необходимых данных, на модулях используется файловая система хранения, в которой каждое событие хранится в отдельном файле. Для исключения хранения повторных данных датчики организуются в локальные одномоментные (только на время события) группы. Поскольку акустические источники могут быть как статическими, так и динамическими в сети предусмотрен механизм переопределения лидера группы и записи этого события в единый файл. Во время работы сети память может использоваться неравномерно. Для балансировки памяти из регионов с высокой активностью данные пересылаются в регионы с низкой, при условии балансировки энергии. Так как модули являются маломощными, то при получении данных из окружающей среды невозможно без задержек (джиттера) принимать или отправлять пакеты другим модулям (Рис. 2) [5]. Как видно на Рис. 2 (а) модуль занимается только дискретизацией данных, поэтому задержек нет. На Рис. 2 (б) модуль начинает передавать получаемые данные, поэтому появляются задержки, также как и на Рис. 2 (с), когда принимаются данные от другого модуля. В данном случае вносимые задержки могут повлечь к потере получаемых данных.

При использовании сети для организации аудио-связи в режиме реального времени проблема поддержания определенного качества обслуживания сетью (временные задержки, процент потерянных пакетов и т.д.) является одной из главных проблем.

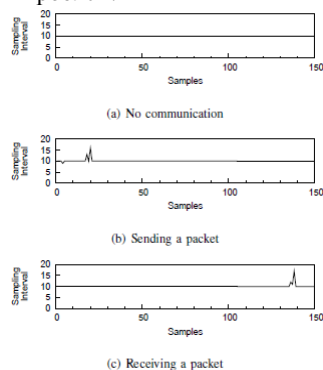


Рис. 2. Интервал выборки между пакетами

В работе [8] была организована аудио-сеть для экстренных ситуаций на шахте в Пенсильвании. Разработанная сеть состоит из 42-х узлов и имеет протяженность порядка 3 км. Данная сеть поддерживает один голосовой поток (в двух направлениях) с детерминированной задержкой на передачу в 24мс (при 8 передачах). Кроме того применяется аппаратная временная синхронизация по времени за счет применения протокола, основанного на TDMA. По мнению авторов [9] при использовании TDMA протокола в случае динамичном изменении топологии сети, высокой нагрузке на сеть - ухудшается пропускная способность, а также повышаются накладные расходы сети. Авторами [9] была предложена новая платформа SenEar, поддерживающая встроенные механизмы для оценки качества предоставляемого сервиса – E-модель оценки качества и QVS (Quality-Aware Voice Streaming)

для передачи нескольких голосовых потоков по сети в режиме реального времени. Максимальное количество потоков, которое было создано в экспериментах - 3, в отличие от работы [8]. Однако, при создании нового 4-го потока, качество сервиса для существующих уменьшалось.

В работе [10] исследуется возможность передачи аудио-данных в режиме реального времени от нескольких источников к нескольким получателям с использованием ретрансляции. Была разработана система ASM (Adaptive Stream Multicast), которая включает в себя эмпирическую модель качества обслуживания, основанную на текущем состоянии сети, FEC-схему (Forward Error Correction), предназначенную для динамической адаптации качества связи, дерево маршрутизации TOR (Tree-based Opportunistic Routing), которое позволяет вести широковещательную и групповую передачу, распределенный алгоритм управления, который следит при создании нового потока за качеством предоставляемого сервиса для других потоков. Для снижения нагрузки на сеть ASM использует два механизма: неявная обратная связь, в которой агрегируются обратные потоки и избыточный фильтр, который отбрасывает те пакеты, которые превышают порог. Таким образом, существует проблема загрузки сети при передаче данных в реальном времени в аудио-сенсорной сети. В результате перегрузки сети пакетами с данными ухудшается качество предоставляемого сервиса (увеличиваются задержки при передаче, увеличиваются потери пакетов между узлами) для существующих аудио-потоков при создании нового. В описанных исследованиях, для слежения за качеством предоставляемого сервиса, применяют программные механизмы контроля (алгоритмы маршрутизации, расписание).

Однако не рассматриваются аппаратные механизмы, например частотное или пространственное разделение, которое позволит уменьшить нагрузку на разделяемую среду (канал передачи) и увеличить количество потоков в сети.

В работе [11] исследуются временные задержки при передаче, потери пакетов, пропускная способность канала с использованием стека ZigBee. В данной работе упоминается проблема частотного разделения: «Отсутствие динамичной политики переключения каналов между узлами с одинаковым PAN является одним из главных недостатков текущей спецификации ZigBee». Таким образом, для увеличения количества передаваемых потоков на одной территории в реальном времени можно применить частотное разделение каналов, так чтобы при большой плотности сети, участники не мешали друг другу передавать данные. Тем самым уменьшатся временные задержки при передаче, увеличится пропускная способность сети. В данной работе был разработан алгоритм для «умного покрытия» сети. Основная идея алгоритма заключается в том, чтобы сохранить диапазон передатчика узла как можно короче, избегая конфликта с другими PAN сетями, которые напрямую не связаны с ним. Данное интеллектуальное распределение сети позволило увеличить пропускную способность с 10,6 Кб/с при 10 узлах до 30,5 Кб/с при том же количестве узлов.

Таким образом, в работе применяется пространственное разделение, но не исследуется многопоточность сети в режиме реального времени, поэтому данная область требует дальнейшего исследования.

Следует заметить, что в рассмотренных статьях по беспроводным аудио-сенсорным сетям сами сети являются стационарными, то есть состоят из узлов, расположенных в заранее заданной позиции. Следующим этапом, требующим исследования, будет мобильность в беспроводных аудио-сенсорных сетях, что позволит применять данные сети для организации мобильных групп (экстренные службы, туристическая связь).

На основании проведенного обзора можно сделать вывод о том, что рассмотренные методы не позволяют решить проблему ограниченности канала связи в аудио-сенсорных сетях для передачи данных в режиме реального времени. Таким образом, актуальной задачей для исследования остается передача потоков аудио-данных в режиме реального времени с поддержкой QoS.

Литература:

1. IEEE 802.15 Working Group for WPAN - <http://ieee802.org/15/index.html>;
2. B. Chen, «Audio recognition with distributed wireless sensor networks», 2010;
3. Luis E. Palafox and J. Antonio Garc'ia-Macias, «Wireless sensor networks for voice capture in ubiquitous home environments», 2009
4. Wen Hu, «The design and evaluation of a hybrid sensor network for cane-toad monitoring», 2005
5. Liqian Luo, «EnviroMic: Towards Cooperative Storage and Retrieval in Audio Sensor Networks», 2007
6. Saurabh Shukla, «Canetoad monitoring in Kakadu National Park using Wireless Sensor Networks», 2004
7. Hanbiao Wang, «Preprocessing in a tiered Sensor Network for habitat monitoring», 2002
8. R. Mangharam «Voice over sensor networks», 2006
9. Liqun Li, «QVS: Quality-aware Voice Streaming for Wireless Sensor Networks», 2009
10. Liqun Li, «Adaptive Voice Stream Multicast over Low-power Wireless Networks», 2010
11. D. Brunelli, M. Maggiorotti, «Analysis of audio streaming capability of zigbee networks», 2008
12. Chris R. Baker, Kenneth Armijo, «Wireless Sensor Networks for Home Health Care», 2007
13. A. Ledeczi, «Countersniper System for Urban Warfare», 2005
14. Younghun Kim, «ViridiScope: Design and implementation of a fine grained power monitoring system for homes», 2009.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ КАМЕР

А.В. Карпов

факультет Автоматики и вычислительной техники

В настоящее время беспроводные сенсорные сети приобретают всё большую популярность. Для этих сетей характерна низкая скорость передачи данных, большое количество узлов, распределённость сети и маломощность устройств, входящих в систему. Их основным предназначением является сбор информации об окружающей среде (температуры, влажности, давлении, вибрациях и т.д.). Но с ростом технического прогресса, удешевлением компонентов, стало возможным в качестве сенсоров использовать миниатюрные маломощные камеры, акустические датчики, гироскопы и другие устройства. Постепенно в беспроводных сенсорных сетях сформировалось направление «Camera Sensor Networks» (сети камер-сенсоров) с характерными для этой области проблемами.

Целью данной работы является выявление основных проблем и перспективных направлений исследований в области беспроводных сенсорных сетей, состоящих из камер.

Беспроводные сети камер-сенсоров применяются в таких областях как удаленное распределенное видеонаблюдение, в котором визуальные данные собираются сетью распределенных камер, совместно обрабатываются и, в дальнейшем, полезная информация передается в центр управления (экомониторинг, промышленный контроль, наблюдение за пожилыми и больными людьми, монито-

ринг трафика на дорогах, пешеходов, состояния строений), построение 3D-моделей объектов (зданий) и другие сферы.

Так как сенсорные сети обладают низкой скоростью передачи данных (скорость по стандарту 802.15.4 составляет 250 Кбит/с), а размер изображений может достигать 1 Мб (при разрешении 800х600 и глубине цвета 16 бит на пиксель), то возникает проблема передачи изображений и видео по сети. Для решения этой проблемы исследуются вопросы сетевой предобработки изображений и видео (сжатие) [13], поддержки требований QoS [14], эффективной передачи данных [2]. Если область применения не требует передачи непосредственно изображений или видео по сети, то часть информации может быть обработана на сенсорном узле для дальнейшего распознавания, таким образом, снижается энергопотребление сети, увеличивается время её автономной работы, так как на передачу данных в сенсорных сетях затрачивается больше энергии по сравнению с обработкой данных на узле.

При удаленном наблюдении за объектами система камер может отслеживать их перемещение, в связи с этим возникают проблемы рационального визуального покрытия объектов наблюдения [6-8], обработки изображений на сенсорных узлах для слежения за перемещениями объектов (tracking), локализации сенсорных узлов, основанной на получаемых изображениях, калибровки камер [9].

Сети камер-сенсоров могут состоять из множества узлов, как с разными характеристиками - разрешение матрицы, фокусное расстояние, частота кадров, или в состав системы могут входить другие типы сенсоров, например, датчики звука (гетерогенная сеть), так и с одинаковыми (гомогенная сеть). При этом в гетерогенной сети могут быть выделены уровни иерархии. В статье [1] рассматриваются основные проблемы визуальных сенсорных сетей. В ней авторы выделяют гомогенные визуальные сенсорные сети, состоящие из камер с одинаковыми вычислительными мощностями и гетерогенные, состоящие из нескольких уровней устройств, в которых помимо камер могут быть сенсоры других типов, например, датчики звука. Сами узлы в гетерогенных сетях можно разделить на основные, получающие изображения, узлы агрегирующие данные и базовые станции. Во всех типах сетей на стороне маломощных камер проводится только предобработка и выделение некоторых особенностей изображений, а на агрегирующих узлах проводится выделение полезной информации из изображений, удаление перекрытий объектов, объединение изображений, собранных с разных сенсоров, в одно. Непосредственно распознавание объектов осуществляется на более мощных устройствах.

В [3] рассматривается метод распределенного распознавания объектов, когда несколько камер направлено на один и тот же объект. Ввиду того, что используется маломощная низкоскоростная сеть, то на камерах проводится локальное извлечение и получение SIFT особенностей изображений, которые представляют индивидуальный обзор каждой камеры. Данные, полученные от нескольких камер, более точно позволяют восстановить сигнал на базовой станции (компьютере). На ней применяется множественная схема декодирования для одновременного восстановления изображения. Предложенный авторами метод позволяет увеличить надежность распознавания объектов. Эти методы реализованы на тренировочной базе данных изображений COIL-100, которая включает в себя фотографии различных объектов под разными углами. Заметим, что окончательное распознавание объекта проводится не самой сетью, а базовой станцией, с большими вычислительными ресурсами, по сравнению с узлами сети. При этом время работы базовой станции значительно меньше времени работы узлов сети. Таким образом, время функ-