

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Махрова Станислава Станиславовича

на тему: «Использование нейронных механизмов искусственного интеллекта для кластеризации узлов и маршрутизации данных в беспроводных сенсорных сетях» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Актуальность выбранной темы

В настоящее время беспроводные сенсорные сети (БСС) являются одним из наиболее перспективных направлений развития информационного общества и служат сетевой базой для концепции Интернета вещей. Во всем мире они находят широкое внедрение во многих сферах науки и техники.

В диссертации решается проблема повышения эффективности функционирования БСС, а именно, улучшения самоорганизации и маршрутизации данных. Среди решаемых задач следует отметить увеличение жизненного цикла БСС, максимизацию сетевого покрытия и связности узлов, а также живучести сети.

Исследование проблем эффективной самоорганизации и маршрутизации данных в беспроводных сенсорных сетях является актуальной задачей современной теории и техники связи.

Содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, определяющего цели и задачи исследования, 4-х глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, словаря терминов, списка литературы и приложений.

В первой главе приводится обзор протоколов маршрутизации и анализ моделей связности узлов БСС. Анализируются достоинства и недостатки различных классов протоколов маршрутизации, приводятся рекомендации по их использованию для решения различных задач.

На основании анализа последних опубликованных трудов известных исследователей в данной области, подтверждающих эффективность класса иерархических протоколов маршрутизации БСС, автором было решено исследовать данное направление в виду его актуальности и перспективности, эффективности в плане потребления энергии узлами сети по сравнению с другими протоколами маршрутизации БСС.

Автором показано, что для корректной работы иерархических протоколов необходимо выполнить кластеризацию сети, которая может производиться по критериям географического местоположения узлов, уровня остаточной энергии, мощности принимаемого сигнала и др. В диссертации указывается, что эффективность иерархии зависит от корректного осуществления кластеризации сети, поскольку неэффективно выделенные кластеры могут повлечь как энергетические потери, так и неработоспособность значительных сегментов сети. На основании этого сделан вывод о важной роли в функционировании БСС с иерархическими протоколами маршрутизации осуществления оптимальной кластеризации.

Обозначены ключевые проблемы существующих протоколов маршрутизации в БСС. Отмечено, что одной из главных проблем в разработке протоколов маршрутизации для БСС является эффективность использования энергии, вследствие ограниченных энергетических ресурсов сенсорных узлов. При этом протокол должен поддерживать работоспособность сети насколько возможно долго. В диссертации подчеркивается, что применение эффективного протокола маршрутизации позволит максимизировать жизненный цикл сети. Показано, что иерархические протоколы маршрутизации являются наиболее эффективными в плане энергосбережения и масштабируемости сети.

Также автор акцентирует внимание на проблеме самоорганизации, согласно которой, необходимо, чтобы в сеть было включено максимально возможное число окружающих узлов. При этом конечной целью является

задействование всех узлов сети. Эта проблема возникает, поскольку при дислокации узлов в целевую область, вследствие препятствий и особенностей местности, возможны проблемы с обнаружением узлами друг друга и, в итоге, неверной или неполной самоорганизацией сети.

Вторая глава содержит исследование возможности применения искусственных нейронных сетей (ИНС) в БСС.

Проведен анализ достоинств и недостатков различных архитектур ИНС для решения задачи кластеризации узлов БСС. Сделан вывод о том, что наиболее эффективным для решения данной задачи будет использование ИНС Кохонена, существующие недостатки которой автор устраняет использованием правила обучения – Конструктивного метода, а учет особенностей описания таких объектов, как беспроводные узлы, решает путем введения условия связности.

Третья глава посвящена созданию нейросетевого способа кластеризации БСС на основе полученных результатов исследований. Разработан протокол маршрутизации данных, реализующий возможности указанного способа кластеризации.

Для описания узлов сети предложено использовать матрицу радиовидимости, содержащую значения принимаемой мощности сигнала каждым узлом от всех окружающих его узлов. Заполнение матрицы осуществляется в процессе функционирования разработанного нейросетевого протокола маршрутизации данных. Структурированное описание сети в виде матрицы радиовидимости необходимо для подачи на вход нейросетевого способа кластеризации исходных данных.

В четвертой главе выполнено компьютерное моделирование разработанного способа нейросетевой кластеризации, проведено его сравнение с созданным для проверки матричным способом кластеризации БСС.

В результате моделирования сделано заключение о высокой эффективности нейросетевого способа кластеризации, в соответствии с которым кластеризация выполняется значительно быстрее матричного способа, потребляя меньшее количество аппаратных ресурсов. Важной особенностью нейросетевого способа является возможность учета при кластеризации множества различных критериев.

Произведено компьютерное моделирование и сравнение с современными и широко известными протоколами маршрутизации БСС в целях доказательства эффективности разработанного протокола маршрутизации БСС, реализующего потенциал нейросетевого способа кластеризации. Сравнение эффективности производилось с использованием в качестве метрики жизненного цикла БСС.

Моделирование показало, что жизненный цикл БСС, функционирующей под управлением нейросетевого протокола, не менее чем на 27% больше по сравнению с известными аналогами, что доказывает его высокую эффективность. На основании полученных результатов сделан вывод о том, что разработанный протокол EDNCP позволяет формировать кластеры точнее, чем известные аналоги.

Необходимо отметить, что автором проделана значительная работа по анализу свойств различных нейросетевых архитектур для синтезирования высокоэффективного способа кластеризации узлов БСС. В заключении приводятся достигнутые результаты и выводы по диссертационной работе.

Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна работы определяется как целями и задачами исследования, так и полученными результатами, среди которых необходимо отметить:

- применение искусственных нейронных сетей для кластеризации узлов беспроводных сенсорных сетей, что позволяет в качестве выходных данных – критериев кластеризации, использовать множество различных параметров,

что конечном итоге, благодаря качественной кластеризации, повышает жизненный цикл сети;

- исследование эффективности кластеризации посредством нейронной сети – Самоорганизующейся карты Кохонена, обучаемой по Конструктивному методу;

- разработку нового способа нейросетевой кластеризации беспроводной сенсорной сети, основанного на архитектуре сети Кохонена, обучаемой по Конструктивному методу;

- разработку нового протокола маршрутизации данных БСС, кластеризованных с использованием нейронных сетей, который позволил повысить жизненный цикл сети минимум на 27% по сравнению с существующими протоколами маршрутизации данных БСС.

Степень обоснованности и достоверности научных выводов и рекомендаций, приведенных в диссертации

Результаты диссертационного исследования Махрова С.С. обоснованы результатами компьютерного моделирования, а также разработанными способами нейросетевой кластеризации и нейросетевого протокола маршрутизации данных БСС. Достоверность положений и выводов подтверждается апробацией работы, основные результаты которой докладывались на конференциях и изложены в научных журналах.

Значимость для науки и практики

Практическая ценность полученных исследований состоит в том, что предложен новый подход для самоорганизации беспроводных сенсорных сетей, который предлагает использование искусственного интеллекта, который принимает решения по построению иерархии сети. Разработаны соответствующий способ нейросетевой кластеризации и протокол маршрутизации, реализующий его возможности.

Результаты исследований могут быть использованы в беспроводных сенсорных сетях различного назначения. В силу своей принадлежности к

концепции Интернета вещей, разработанный протокол нейросетевой маршрутизации БСС может быть использован в устройствах, проектируемых и разрабатываемых согласно данной концепции.

Практическая значимость работы заключается во внедрении результатов исследований нейронной сети Кохонена в практическую деятельность по анализу информационных потоков в Правительстве Москвы, а также в учебный процесс ФГОБУ ВПО МТУСИ (подтверждено актами внедрения).

Недостатки работы

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Отсутствует четкое описание критериев кластеризации узлов БСС.
2. Не рассмотрены архитектуры нейронных сетей, «обучаемых с учителем».
3. В завершающем п.4.2.1 выводе «жизненный цикл БСС под управлением EDNCP больше известных аналогов на 27%» корректнее писать «превышает известные аналоги на 27% или больше»
4. В формулах (3.7), (3.8) вместо P_{MAX} следовало использовать число 100, поскольку было принято, что $P_{MAX}=100$.
5. В формулах (3.3), (3.8) ошибочно используется параметр n вместо N .
6. В списке сокращений и условных обозначений (стр.106) отсутствуют условные обозначения, а также следовало бы дать перевод на русский язык расшифровок английских сокращений. В диссертации встречаются по несколько раз вводимые сокращения, например, ГКУ – 5 раз (стр.7, 10, 24, 25, 107), БС – 4 раза (стр.6, 13, 25, 26).

По автореферату имеются следующие замечания:

1. Объем автореферата несколько завышен.
2. В автореферате встречаются неопределенные параметры, см. например формулу (2). Формулу (11), идентичную формуле (2), следовало опустить.

Выводы по диссертационной работе

Отмеченные недостатки не снижают уровня диссертационной работы.

Диссертация Махрова С.С. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей важные новые результаты, имеющие теоретическую и практическую значимость, выдвинутой на публичную защиту, свидетельствующей о способности автора к самостоятельной научной работе. Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Результаты в полной мере и своевременно апробированы и опубликованы в журналах, рекомендуемых ВАК. Автореферат правильно отражает содержание диссертационной работы.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, выполненным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Махров Станислав Станиславович заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Официальный оппонент,
директор департамента пакетных сетей и услуг
АО «Интеллект Телеком»,
109044, Москва, ул. Мельникова, д. 29.
(495) 7397979
к.ф.-м.н., доцент



Ефимушкин В.А.

06 марта 2015 г.