



Утверждаю

Директора
генерального
директора ФГУП ЦНИИС

А.Н. Грязев

Март 2015г.

Отзыв ведущего предприятия

на кандидатскую диссертацию **Махрова Станислава Станиславовича** на тему *«Использование нейронных механизмов искусственного интеллекта для кластеризации узлов и маршрутизации данных в беспроводных сенсорных сетях»* по специальности 05.12.13 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Тема кандидатской диссертации С.С. Махрова актуальна. В Программе стандартизации в области телекоммуникаций на период до 2020 года, разработанной ЦНИИС по заказу Минкомсвязи России, показана необходимость создания 19 стандартов в области беспроводных сенсорных сетей. Эти стандарты будут посвящены вопросам терминологии, зададут общие технические требования, нормы технологического проектирования, методику строительства, структуру безопасности, программы и методики испытаний, технические спецификации протоколов ZigBee, 6L₀ WPAN, RPL.

Важной проблемой развития техники и технологии беспроводных сенсорных сетей (БСС) является кластеризация узлов и оптимизация маршрутов, поскольку от этого зависит масштабируемость и эффективность работы сети в целом. В данной диссертационной работе в качестве способа кластеризации предлагается использовать механизмы искусственного интеллекта, выраженные в виде математической модели – искусственной нейронной сети (ИНС) и предлагается протокол маршрутизации, реализующий возможности такого подхода.

Таким образом, целью диссертационной работы является исследование эффективности самоорганизации БСС и маршрутизации данных в ней посредством использования механизмов искусственного интеллекта нейронной сети. В процессе достижения поставленной цели автором решены следующие задачи: проанализированы существующие протоколы маршрутизации для БСС; исследованы модели связности сетевых узлов; рассмотрены архитектуры нейронных сетей на предмет эффективности их применения в области БСС; разработан способ кластеризации БСС как нейронной сети; разработан протокол, использующий нейронную сеть для самоорганизации БСС; выполнено сравнение разработанного протокола с другими протоколами, используемыми в БСС.

Автор указывает на следующие новые научные результаты:

1. Доказана возможность использования искусственных нейронных сетей для кластеризации беспроводных сенсорных сетей.
2. Предложена матрица радиовидимости, являющаяся математическим описанием связности сетевых узлов БСС, и разработан матричный способ кластеризации беспроводной сенсорной сети.
3. Разработан способ нейросетевой кластеризации беспроводной сенсорной сети, основанный на архитектуре сети Кохонена, обучаемой по Конструктивному методу.
4. Разработан протокол маршрутизации данных для беспроводных сенсорных сетей, кластеризованных с использованием нейронных сетей.

Существенная научная новизна обусловила практическая значимость диссертации. Использование результатов этой работы для самоорганизации БСС и маршрутизации в них данных, позволяет включить в сеть максимальное количество узлов и увеличить живучесть сети. Иерархическая направленность протокола обеспечивает высокую масштабируемость сети (до 10 000 узлов и более) и позволяет использовать мобильную базовую станцию.

Работа завершается компьютерным моделированием способа нейросетевой кластеризации, матричного способа кластеризации БСС, и сравнением созданного протокола с характеристиками известных аналогов.

Моделирование способов кластеризации осуществлялось в собственной среде симуляции, написанной на языке программирования высокого уровня – С# в среде разработки программных решений Microsoft Visual Studio 2010. В результате были получены визуальные результаты кластеризации, указывающие на адекватно производимую кластеризацию согласно предлагаемым способам. Нейросетевой способ позволяет приблизительно задать размер кластера, а матричный способ – максимальное количество узлов, которое должно войти в кластер. Выявлено, что способ нейросетевой кластеризации выделяет кластеры точнее и скорость его работы выше, чем у матричного способа кластеризации.

Результаты диссертации С.С. Махрова будут использованы в ЦНИИС при разработке НИР, при оценке нагрузки БСС на сеть связи общего пользования, при разработке нормативных документов, предусмотренных Программой стандартизации отрасли.

Диссертация С.С. Махрова представляет законченную научную работу, имеет научную новизну и практическую ценность. Она отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор – Станислав Станиславович Махров заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук.

Начальник лаборатории ФГУП ЦНИИС,
д.т.н., с.н.с., Заслуженный работник
связи Российской Федерации



А.Ю. Дым

Собственноручную подпись начальника лаборатории ФГУП ЦНИИС, д.т.н., с.н.с.,
Заслуженного работника связи Российской Федерации подтверждаю

Начальник ОУП



Лис / Мухомова И.И. /