

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Ахмад Али Айед Ахмада на тему:  
«Метод и алгоритм обработки сообщений в беспроводных сенсорных сетях», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

### **Актуальность темы диссертационной работы.**

Одним из противоречий, возникающих на сегодняшний день при обработке сообщений с целью контроля их аутентичности и целостности как в сенсорных сетях, так и в любых других информационных системах, в которых размер сообщений ограничен несколькими байтами данных, является противоречие между целевыми характеристиками, к которым относят достоверность определения источника сообщения и размер обрабатываемой служебной части каждого сообщения. В последнее время активно развивается следующая область информационных технологий – создание компактных и энергоэффективных устройств управления техническими системами, в которой указанное противоречие выражено, во-первых, в значительном объёме служебной (контрольной, идентификационной) информации, передаваемой в каждом сообщении, и, во-вторых, в значительных энергозатратах на передачу такой информации. Длительность автономной работы элементов-сенсоров, отвечающих за сбор информации и её передачу в центральный модуль сбора и обработки информации (ЦМСОИ), который управляет данными, полученными сенсорной частью, является важным аспектом обеспечения требуемых характеристик информационных и управляющих систем, в составе которых они работают.

В этой связи, заявленная соискателем цель диссертационной работы – снижение ресурсных затрат на передачу служебной информации в сообщениях, формируемых сенсорами системы управления, при сохранении достоверности обработки служебных данных отдельного сенсора способствует решению **актуальной** научной задачи в области создания распределённых информационно-управляющих систем.

### **Научная новизна и достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

В рамках диссертационной работы Ахмад Али Айед Ахмада решается задача разработки метода определения источника сообщений беспроводных сенсорных сетей (БСС), ориентированных на сокращение объёма служебной информации и повышение достоверности определения источника сообщения за счёт отказа от обработки части сообщений.

Важными **научными результатами** диссертации, определяющими её научную новизну, являются предложенные автором новый метод определения источника сообщения, алгоритм обработки служебной информации и

математические модели, позволяющие осуществлять обработку множества сообщений, созданных на основе применения аппарата теории вероятности и теории случайных, в частности, марковских, процессов.

Полученные в ходе работы над представляемой к защите диссертации выводы, положения и рекомендации логически связаны между собой, последовательны и научно обоснованы. Автор правильно определяет основную задачу исследования с теоретическим обоснованием научных положений, которые связаны с разработкой метода, направленного на сокращение объёма передаваемой сенсором служебной информации с одновременным повышением достоверности определения источника сообщения, алгоритма обработки сообщений сенсора БСС с целью повышения их энергоэффективности и математической модели оценки вероятности ошибки определения сенсора, сформировавшего сообщение.

В ходе диссертационного исследования получены следующие научные результаты:

1. Метод определения источника сообщений ограниченного размера в беспроводных сенсорных сетях, отличающийся исключением из обработки сообщений по результатам анализа позиции сообщения в последовательности и кодограммы, сформированной из данных предыдущих сообщений, который позволяет уменьшить размер служебных данных в каждом сообщении, тем самым повышая энергоэффективность узлов беспроводной сенсорной сети, формирующих сообщения.

2. Алгоритм обработки служебной информации в сообщениях от узла беспроводной сенсорной сети, отличающийся параллельным выполнением операций формирования и обработки динамической списочной структуры, содержащей указатели на буферизированные данные сообщений, который позволяет за счёт изменения параметров обработки достигать требуемых показателей достоверности при снижении размеров памяти, требуемой для хранения динамической списочной структуры.

3. Математическая модель обработки множества сообщений элементом распределённой информационно-управляющей системы, созданная на основе аппарата теории вероятности и теории случайных процессов, отличающаяся представлением результата декодирования позиции сообщения в последовательности как дискретного случайного процесса, позволившая определить целесообразные параметры обработки служебной информации в сообщениях узла беспроводной сенсорной сети.

Формулировка и раскрытие в диссертации указанных выше положений дают основание утверждать, что они обладают научной новизной и достаточным для кандидатской диссертации научным уровнем.

В диссертации автор использовал результаты, полученные как отечественными, так и зарубежными специалистами в области проектирования средств вычислительной техники (СВТ) и обработки информации (ОИ).

Исследования проведены с применением системного анализа, теории вероятности и математической статистики, а также теории случайных процессов.

**Достоверность** научных положений и выводов обусловлена использованием апробированного и основанного на системном подходе научного инструментария, корректным и обоснованным применением методов системного анализа, аппарата математической логики, положений и методов теории вероятности, теории случайных процессов и математической статистики. Экспериментальные исследования в представляемой к защите диссертации выполнены с использованием методов математического и имитационного моделирования.

В целом, основные положения, выводы и результаты диссертационного исследования являются обоснованными, так как они базируются на применении известных доказанных положений, математического аппарата и широко используемых в настоящее время формально-логических средств описания процессов. Результаты диссертации в достаточном для кандидатской диссертации уровне опубликованы в отечественных и иностранных рецензируемых изданиях, апробированы на конференциях и семинарах различного уровня, а именно в 5 статьях в рецензируемых научных изданиях, входящих в текущий перечень ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, в 1 патенте на изобретение РФ и в 12 докладах на международных и всероссийских конференциях, что, в целом, позволяет утверждать об обоснованности приводимых в диссертационной работе научных положений и выводов. Предложенные автором рекомендации, заключающиеся в использовании представленных в работе научно-технических решений для повышения энергоэффективности сенсоров БСС, в полной мере раскрыты в тексте диссертации и являются обоснованными.

#### **Соответствие специальности.**

Выполненное соискателем научное исследование соответствует паспорту научной специальности **2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»**, а именно **п. 11 – Методы и алгоритмы прогнозирования и оценки эффективности, качества, надёжности функционирования сложных систем управления и их элементов – созданы и исследованы метод и алгоритм обработки сообщений в беспроводных сенсорных сетях, обеспечивающие достоверность определения источника сообщений и снижения объёма передаваемых служебных данных, и п. 15 – Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования элементов систем управления в нормальных и специальных условиях с целью улучшения технико-экономических и эксплуатационных характеристик – создана модель оценки функционирования сенсоров беспроводных сенсорных сетей и установлены зависимости между параметрами обработки сообщений достигаемыми показателями работы сенсоров.**

## **Значимость полученных результатов для науки и практики.**

**Теоретическая значимость** результатов диссертационной работы Ахмад Али Айед Ахмада заключается в изложении новых научно обоснованных решений (методов, алгоритмов, структур), которые позволяют снизить объем служебных сообщений, передаваемых в БСС, и энергозатраты автономного сенсора на их передачу в центральный модуль сбора и обработки информации и выработки управляющих воздействий.

**Практическая ценность** результатов исследований заключается в том, что:

1. Разработанные метод и алгоритм определения источника сообщений позволяют при неизменном размере полей метаданных в сообщениях сенсора БСС снизить вероятность ошибки определения источника сообщения от 0,2...0,6 до 0,1...0,15 на последовательность 10 - 25 сообщений без увеличения размеров таких полей, что происходит в области максимального значения частной производной функции вероятности ошибки по длине дополнительного поля метаданных каждого сообщения БСС, используемого для определения его источника.

2. Изменение форматов сообщений сенсоров БСС, в основе которого лежит кодирование в режиме сцепления блоков и обработка метаданных сообщения в ЦМСОИ распределённой информационно-управляющей системы (РИУС), реализованной по технологии БСС, обеспечивает итоговое снижение доли служебной информации в каждом передаваемом сообщении на 2,5% до 9 % по сравнению с используемыми протоколами и известными решениями для определения источника сообщения.

3. Созданные модели обработки информации от множества сенсоров в ЦМСОИ БСС дали оценки потребности в регистровой памяти и требуемом числе элементарных операций, которые показали, что для реализации обработки данных от более чем ста сенсоров пригодны современные микросхемы ПЛИС без использования дополнительных блоков оперативной памяти.

4. Исключение из обработки части сообщений ЦМСОИ БСС при определении источников сообщений от множества сенсоров позволило дополнительно к известным методам повышения энергоэффективности сенсора снизить объём передаваемых каждым сенсором данных на 5 – 12 % и за счёт сокращения времени передачи данных снизить энергопотребление узлов беспроводной сенсорной сети на 4 – 10 %.

Результаты теоретических и прикладных (экспериментальных) исследований, отражённые в диссертации, используются в ООО «ВТИ-Сервис». Также показана возможность использования результатов исследования и разработанного инструментария в образовательном процессе кафедры «Информационная безопасность» Юго-Западного государственного университета, г. Курск.

### Оценка содержания диссертации и автореферата диссертации.

Диссертация и её автореферат оформлены соискателем в соответствии с требованиями ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, обладают внутренним единством, в которых приведены все необходимые для понимания существа дела иллюстрации, таблицы и аналитические выражения. Текст диссертации и автореферата не перегружен излишними промежуточными выкладками, что облегчает его чтение и свидетельствует о лаконичном стиле изложения материала соискателем.

Автор свободно владеет современной терминологией в области методологии научных исследований, математического моделирования и численных методов. Материал изложен грамотно, лаконично, по существу, хотя имеются отдельные погрешности стилистического характера. Работа снабжена достаточно полным списком использованной литературы, отражающим достаточно высокий уровень проработки известных результатов в области исследований. Имеются ссылки на работы, выполненные соискателем в соавторстве. Структура работы соответствует логике исследования.

Диссертационная работа изложена на 133 страницах, из которых 105 страниц основного текста и состоит из введения, трёх глав, включающих в себя 23 рисунка и 1 таблицу, заключения, списка используемой литературы, содержащего 151 источник на 20 страницах и 2-х приложений. Таким образом, она включает в себя полностью завершённые и подготовленные на высоком научном уровне все необходимые разделы.

Однако, несмотря на достаточно корректное и полное представление формулировок актуальной научной задачи, частных задач, представленных научных положений, выносимых на защиту, достаточно подробным и полным описанием выполняемых диссертационных исследований, что подтверждается фактическими материалами, опубликованными на странице официального сайта Юго-Западного государственного университета: <https://swsu.ru/dis/d-999-099-03/akhmad-ali-ayed-akhmad/> диссертации и автореферата, а также электронной издательской базе *eLibrary.ru*, авторских публикациях, по представленной диссертации и автореферату имеется ряд недостатков:

1. Не приводятся пояснения нахождения минимума функции в вероятности возникновения ошибки определения источника от параметров  $M$  и  $J_b$ .

2. В работе отсутствует формальное описание понятия «динамическая списочная структура», которая используется для хранения результатов промежуточной обработки, поступающих в ЦМСОИ от БСС сообщений.

3. В работе, для обозначения одного и того же понятия используются термины «пакет» и «сообщение», не указано их различие в контексте сетевых технологий.

4. В первой главе по окончании анализа решаемой в диссертации задачи относительно исследуемой предметной области не произведена формальная (математическая) постановка задачи на проводимое исследование.

5. Представленный на защиту алгоритм обработки служебной информации в сообщениях от узла беспроводной сенсорной сети представлен в формульно-словесном виде, что затрудняет его восприятие на возможность его проверки на устойчивость, сходимость, достоверность.

6. Разработанные в диссертации математические модели не объединены в блок моделей и не представлены как отдельное положение, выносимое на защиту, что могло бы дополнить и конкретизировать решаемую в диссертации научную задачу.

7. В выводах по главе 3 (первый пункт) указан марковский процесс с дискретным временем, хотя в пп. 3.1.1 речь идёт явно о применении марковского процесса с непрерывным временем, допуская, что данную непрерывную модель можно было бы дискретизировать и получить аналогичный результат итоговой вероятности пропуска ошибки, но автором не представлены параметры дискретизации указанного процесса.

8. В диссертации не представлен реальный экспериментальный макет, подтверждающий адекватность разработанных математических моделей и реализованный на микропроцессорной элементной компонентной базе. Автор ограничился только лишь математическим и имитационным моделированием. При заявленной в диссертации возможности применения современных микросхем программируемой логики – программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) не приведены семейства и серии возможных к применению в данном случае систем на кристалле, а также программного обеспечения (интегрированных сред разработки), на которых возможна реализация аппаратной части ЦМСОИ, с указанием их производительности и стоимости, что влияет на экономическую эффективность предлагаемых практических решений.

#### **Заключение о соответствии диссертации требованиям «Положения о присуждении учёных степеней»**

Указанные недостатки не снижают качества полученных Ахмад Али Айд Ахмадом результатов диссертационного исследования на тему: «Метод и алгоритм обработки сообщений в беспроводных сенсорных сетях». Диссертация является законченной научной квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на актуальную тему, удовлетворяющей требованиям пунктов 11 и 15 паспорта научной специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». Сформированные автором выводы обоснованы. Полученные результаты в полной мере отражены в авторских публикациях, необходимых для соискания учёной степени кандидата наук, в журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

По постановке и полноте решённой научной задачи, новизне, достоверности и обоснованности, научной и практической значимости положений, выносимых на защиту, позволяющих достичь заявленную цель и научную задачу – снижение ресурсных затрат на передачу служебной информации в сообщениях, а также по форме их представления в диссертации и автореферате диссертации, работа отвечает требованиям пунктам 9, 10, 11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. от 25.01.2024), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а автор диссертации Ахмад Али Айед Ахмад заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Официальный оппонент:

научный сотрудник

«Научно-испытательного отдела

радиоэлектронных технологий

научно-испытательного центра

радиоэлектронных технологий»

Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования

«МИРЭА – Российский технологический

университет»

(РТУ МИРЭА, 119454 г. Москва,

проспект Вернадского, д. 78,

тел. 8 499 600-80-80, доб. 20567

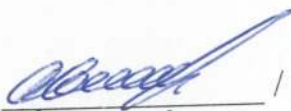
e-mail: [rector@mirea.ru](mailto:rector@mirea.ru))

кандидат технических наук,

доцент

*до 01.09 - важные системы управления, связи и навигации*

«14» августа 2024 г.



/ Двилянский Алексей Аркадьевич

Подпись заверяю:

