

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента Паршина Александра Юрьевича на диссертацию Ле Ван Донг «Алгоритмы комплексирования информации в распределенных радиофизических системах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – «Радиофизика»

Диссертационная работа Ле Ван Донг посвящена теоретическому и экспериментальному исследованию алгоритмов распределенного обнаружения беспроводной сенсорной системой. Целью работы является разработка теоретических основ построения алгоритмов распределенного обнаружения беспроводной сенсорной системой, а также совершенствование методов анализа эффективности алгоритмов комплексирования информации в подобной системе с учетом особенности функционирования ее элементов, в том числе локальных сенсоров, канала связи и центрального узла.

1. Актуальность темы диссертации и соответствие специальности

В настоящее время активно ведется разработка и развитие инновационных технологий, основанных на миниатюрных вычислительных и коммуникационных системах - беспроводных сенсорных системах (БСС). В частности, использование одновременно нескольких сенсоров в БСС позволяет эффективно решать задачи обнаружения, связанные с совместным обнаружением объектов или явлений одновременно несколькими сенсорами с учетом возможных ошибок в таких системах. Такая комплексная обработка информации позволяет повысить эффективность обнаружения по сравнению с эффективностью отдельных сенсоров.

При решении задачи распределенного обнаружения для повышения эффективности работы БСС актуальной становится проблема выбора

оптимальных алгоритмов совместной обработки информации в системе с учетом характеристик эффективности ее элементов. При этом существующие работы, посвященные решению данной проблемы, обладают рядом недостатков. В частности, к ним можно отнести следующие: во-первых, в этих работах для вычисления показателей эффективности обнаружения системой обычно отсутствуют аналитические выражения, позволяющие точно находить эти показатели; во-вторых, при синтезе существующих алгоритмов распределенного обнаружения часто не учитываются все характеристики эффективности элементов, а также степень надежности сенсоров; кроме того, разработанные алгоритмы зачастую являются громоздкими и неоптимальными с точки зрения использования дополнительных затрат ресурсов.

Исходя из вышеизложенного в диссертационной работе Ле Ван Донг проведено законченное исследование, заключающееся в статистическом синтезе и анализе алгоритмов распределенного обнаружения в различных условиях функционирования БСС. При этом можно с уверенностью утверждать, что диссертация Ле Ван Донг посвящена актуальной тематике и соответствует специальности 1.3.4 – «Радиофизика».

2. Содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем диссертации составляет 166 страниц, включая 53 рисунка и 12 таблиц. Список литературы содержит 103 наименования. По структуре и объему она соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цели, решаемые задачи и также методы исследования. Определены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, их достоверность. Представлены основные положения и результаты, выносимые на защиту, личный вклад автора.

Первая глава диссертации описывает синтез оптимальных алгоритмов распределенного обнаружения в условиях как идеального, так и неидеального канала связи между сенсором и центральным узлом. Найдены точные теоретические выражения для характеристик эффективности обнаружения объектов наблюдения синтезированными алгоритмами. На основе полученных синтезированных алгоритмов проводится анализ эффективности обнаружения БСС датчиками звукового, вибрационного и теплового типа с учетом влияния свойств окружающей среды. Для таких типов сенсоров установлены наиболее благоприятные условия наблюдения, в том числе, географические и климатические условия, а также рациональный размер сети БСС при распределенном обнаружении. Кроме того, для подтверждения достоверности полученных результатов и работоспособности синтезированного алгоритма приводятся результаты его исследования на основе разработанного автором экспериментального макета. Полученные результаты эксперимента показывают достаточно хорошее совпадение экспериментальных результатов с теоретическими.

Во второй главе рассматривается решение задачи распределенного обнаружения цели, находящейся на контуре объекта наблюдения, в частности, береговой линии. Автор проанализировал алгоритмы вынесения решений во всех звеньях БСС, как на уровне локального сенсора, так и в ЦУ. В результате их синтеза получен оптимальный алгоритм принятия решения, который имеет выигрыш в эффективности по сравнению с известными ранее алгоритмами типа Chair-Varshney, LRT-BER, и является обобщением таких алгоритмов. При условии априорного незнания местоположения цели на контуре объектов автор предлагает использовать геометрический метод описания контура на основе составных кривых Безье для упрощения решения задачи обнаружения цели. Все это в итоге способствовало проведению сравнительного анализа характеристик обнаружения цели на контуре протяженного объекта при ее известном и неизвестном местоположении.

В третьей главе рассмотрена задача распределенного обнаружения с учетом ненадежности сенсоров. Представлены новые алгоритмы распределенного обнаружения БСС с учетом вероятности выхода сенсоров из строя в различных условиях функционирования системы. Автор установил, что, если вероятности выхода сенсоров из строя превышают 0.3-0.5, то подобные системы могут стать в принципе неработоспособными в связи с чрезмерно большой минимальной полной вероятностью ошибки. На основе результатов, полученных в главе 2, также исследовано распределенное обнаружение цели, как при известном ее положении, так и при неизвестном ее положении на контуре объектов с учетом ненадежности сенсоров. В итоге установлено, что синтезированные алгоритмы, основанные на учете степени ненадежности сенсоров, являются обобщениями ранее рассматриваемых алгоритмов, как при идеальном, так и неидеальном канале связи.

В четвертой главе представлены различные новые алгоритмы распределенного обнаружения при применении мягких схем вынесения решений, как в отдельных звеньях системы: на уровне локальных сенсоров и в ЦУ, так и в обоих этих звеньях. Для характеристики эффективности синтезированных мягких алгоритмов автор получил и эффективно использовал точные аналитические рекуррентные соотношения для суммарных вероятностей ошибок всей системы. Проведен сравнительный анализ эффективности принятия решения синтезированными мягкими алгоритмами. В результате установлено, что использование таких мягких алгоритмов повышает эффективность обнаружения по сравнению с эффективностью жесткого алгоритма. Одновременно автор обосновал выбор соответствующего алгоритма обнаружения с учетом требования к пропускной способности канала связи с учетом требуемой эффективности обнаружения.

3. Новизна полученных результатов, научная и практическая ценность

Научная новизна проведенных исследований в диссертации заключается в решении задачи распределенного обнаружения БСС в различных условиях ее функционирования, а также в совершенствовании методов анализа алгоритмов совместной обработки информации в подобной системе с учетом особенности функционирования элементов системы.

Учитывая все характеристики эффективности локальных сенсоров и канала связи (даже при условии их различия), были синтезированы новые алгоритмы распределенного обнаружения. Для характеристики эффективности синтезированных алгоритмов впервые найдены точные аналитические выражения для вероятностей ошибок. На основе полученных результатов также впервые проведен анализ влияния географических и климатических условий окружающей среды на эффективность обнаружения в БСС датчиков звукового, вибрационного и теплового типов. При этом было оценено качество работы подобных систем и сделаны соответствующие рекомендации к их применению в рассматриваемых условиях.

При решении задачи охраны контуров объектов, в частности береговой линии, предложены новые алгоритмы распределенного обнаружения цели на ней в случае неидеального канала связи, как при известном, так и неизвестном местоположении цели. Исследовано влияние степени надежности сенсоров на эффективность обнаружения в такой системе. В частности, впервые предложены алгоритмы распределенного обнаружения с учетом вероятности выхода из строя сенсоров, а также получены точные аналитические выражения для характеристик их эффективности.

С целью возможного повышения эффективности обнаружения синтезированы новые алгоритмы распределенного обнаружения при применении мягких схем вынесения решений, как в отдельных звеньях системы, так и во всех ее звеньях. Для характеристики эффективности синтезированных мягких алгоритмов найдены простые аналитические рекуррентные выражения для суммарных вероятностей ошибок всей системы.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности применения синтезированных в ней алгоритмов в различных радиофизических приложениях, например, в радиоразведке, охранных системах, при мониторинге за окружающей средой или производственными (и другими) процессами. Приведенный анализ предложенных алгоритмов распределенного обнаружения показывает их преимущества в эффективности обнаружения по сравнению с известными алгоритмами. Кроме того, выполненные экспериментальные исследования подтверждают работоспособность синтезированных алгоритмов.

4. Обоснованность и достоверность полученных результатов.

Представленные в диссертационной работе научные результаты являются достоверными. Действительно, достаточная высокая степень обоснованности и достоверности полученных результатов обеспечивается корректным использованием математического аппарата статистической радиофизики и общеустановленных физических методов. Достоверность выносимых на защиту результатов подтверждается также их совпадением с ранее известными в частных случаях, соответствием аналитических результатов с результатами, полученными методом компьютерного моделирования на ЭВМ, а также результатами исследований, выполненными на экспериментальном, созданном автором, макете.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

По теме диссертационной работы опубликовано 10 научных работ, из них 5 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных работ, 1 работа в издании, включенном в глобальные индексы цитирования Scopus и Web of Science, 4 работы в сборниках трудов всероссийских и международных конференций.

Ценность диссертационной работы подтверждается опубликованием ее результатов в центральных научных журналах и обсуждением докладов по теме диссертации оргкомитетами международных и всероссийских конференций.

5. Замечания к диссертации

1. В первой главе рассматривается влияние условий функционирования беспроводной сенсорной сети на вероятность обнаружения объекта наблюдения датчиками различных типов. При этом далее используется радиоканал для передачи информации в центральный узел, а влияние метеоусловий на вероятность ошибки при передаче информации не оценивается. Кроме того, не указываются наиболее эффективные частоты для обеспечения работы беспроводной сенсорной сети, как указано во втором положении.
2. Применение критерия минимальной полной ошибки при оценке эффективности работы беспроводной сенсорной сети требует расчета функции рисков, которая не рассчитывается в диссертационной работе. При решении задачи обнаружения объектов обычно используется критерий Неймана-Пирсона.
3. В работе явно не указан метод комплексирования информации от различных датчиков, что ограничивает возможность универсального применения предложенных алгоритмов относительно возможных ошибочных решений в системе.
4. В Главе 4 автором предложены различные мягкие алгоритмы распределенного обнаружения в различных условиях функционирования системы, в том числе для неидеального канала связи. Однако при синтезе таких мягких алгоритмов автор не рассматривает фактор замираний в канале связи, который оказывает существенное влияние на качество передачи данных во многих практических условиях применения БСС.

Однако указанные замечание не снижают научной и практической ценности диссертационной работы в целом. Диссертация Ле Ван Донг «Алгоритмы комплексирования информации в распределенных радиофизических системах» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК, ее содержание соответствует специальности 1.3.4 – «Радиофизика», а Ле Ван Донг заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук,

доцент кафедры радиотехнических устройств

Паршин Александр Юрьевич

18.05.2022

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет им. В.Ф. Уткина»,

кафедра радиотехнических устройств

Адрес: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1.

Телефон: +7 920-971-17-33

E-mail: parshin.a.y @rsreu.ru

Подпись официального оппонента

Паршина Александра Юрьевича

Ученый секретарь ученого совета

«Рязанский государственный университет им. В.Ф. Уткина»

канд. физ-мат. наук, доц.

ЗАВЕРЯЮ:



К.В. Бухенский