

О.А. Петрова, аспирант
Г.В. Табунщик, канд. техн. наук, проф.,
Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина
savenkoolja@mail.ru

Информационная система для исследования надежности систем позиционирования и навигации внутри помещения

В данной статье рассмотрены основные характеристики надежности систем позиционирования и навигации внутри помещения. Рассмотрены программные комплексы для оценки надежности встроенных систем. Авторами предложена архитектура для удаленных экспериментов для изучения характеристик надежности систем позиционирования и навигации внутри помещения

Ключевые слова: удаленные эксперименты, надежность, навигация внутри помещения

Актуальность

Системы GPS/ГЛОНАСС/ Maps не предназначены для использования в помещениях. Это обусловлено тем, что для их корректной работы необходима прямая видимость передатчика и приемника сигнала, поэтому в больших зданиях часто используют системы indoor-навигации или системы позиционирования и навигации внутри помещения [1].

Данные системы получили свое распространение при:

- навигации в торговых центрах, аэропортах, бизнес-центрах, музеях, учебных заведениях, заводах, конференц-центрах и т. д.
- обмене местоположениями в социальных приложениях;
- маршрутизации по списку покупок;
- получении скидок и купонов;
- рекламе по местонахождению;
- отслеживании активов;
- определении местонахождения персонала;
- разведке.

Так как корректная работа систем геолокации зависит от скорости выполнения и времени отклика напрямую, то данные системы относятся к системам реального времени. Одной из самых важных проблем систем реального времени является надежность.

Основой достижения высокого уровня надежности считается качественное проектирование и достаточно полное тестирование программного обеспечения (ПО). Под надежностью понимают свойство системы

сохранять работоспособность в заданных условиях функционирования. Низкий уровень надежности системы может привести к значительным затратам на ремонт, простой, аварии. Улучшить надежность возможно за счет дополнительного и более стоящего оборудования. Но в современных экономических условиях важной задачей является уменьшение себестоимости и размеров современного оборудования.

К основным проблемам надежности систем реального времени относятся [2]:

- необходимость отклика на непредсказуемые воздействия в течении заданного интервала времени;
- обеспечение устойчивого функционирования при отказе одного или нескольких элементов;
- возникновение ошибок через определенный срок эксплуатации, отсутствующих на этапе тестирования прототипов;
- необходимость в оперативной обработке данных.

Для навигации и позиционирования внутри помещения используют картографическое представление зданий. Основные задачи картографического представления [3]:

- предоставление актуальных статических и динамических картографических данных;
- локализация положения пользователя;
- работа с маршрутами (автоматический расчет оптимального маршрута, построение и описание маршрута, распознавание описания

маршрута, от слежения перемещения по заданному маршруту).

При использовании картографического представления могут возникнуть следующие проблемы:

- требуется регулярное обновление карт;
- наличие актуальной базы данных;
- актуальность картографической основы;
- наличие достаточного объема оперативной памяти для загрузки карт;
- при наличии в здании различных этажей, нужно скачивать соответствующие карты;
- при использовании растровых карт низкий уровень изображения.

Поэтому систематизация параметров надежности программно-аппаратной среды, реализующей системы геолокации внутри помещения является актуальной задачей.

Постановка задачи

Для систем позиционирования и навигации внутри помещения используют решения на основе: Wi-Fi (IWAY, Wifarer, Walkbase, Qubulus, Horus), Bluetooth (PlaceLab, iBeacon), Zigbee («умный дом»), мобильных сетей, радиочастотных меток RFID (Smartmuseum, RADAR), сравнительная характеристика которых приведена в таблице 1 [4]. Технологии отличаются за масштабом действия, точностью и ресурсами.

Таблица 1 – сравнение технологий позиционирования и навигации.

	Bluetooth	Wi-Fi	Мобильные сети	RFID
Способность «пробивать» стены	малая	малая	отличная	отличная
Точность	до 1 м	до 5 м	до 10 м	до 1 м
Радиус действия	10-100 м	от 5 м	2-120 км	до 300 м
Рабочие частоты	2,402 ГГц-2,48 ГГц	2,4 ГГц - 2,4832 ГГц	850 МГц, 900 МГц, 1800 МГц, 1900 МГц	В каждой стране свои разрешения
Энергопотребление	0,01 мА-20 мА	до 330 мА	до 300 мА	до 20 мА

Рассматривая разные технологии можно сделать вывод, что недостатки использования мобильных сетей заключаются в дороговизне базовых станций, недостаточной точности и

использовании двумерного позиционирования. Недостатки Wi-Fi: низкая точность и отсутствие адаптивности к смене координат. RFID технологии не часто используются в наше время, так как они используются в специализированных устройствах, так называемых мобильных считывателях. Важными особенностями технологий реализованных с помощью Bluetooth является высокая точность и низкая энергопотребление.

Таким образом, рассматривая системы на основе различных технологий, были определены недостатки, которые могут влиять на работоспособность и надежность системы. Для повышения эффективности работы существующих систем и построения качественных новых необходимо оценить надежность используемых программных, аппаратных средств и комплекса в целом.

Поэтому в работе были поставлены следующие задачи:

- исследование и классификация основных параметров надежности систем реального времени;
- разработать систему диагностики встраиваемых систем.

Показатели надежности систем позиционирования и навигации

Показатели надежности могут быть аппаратными и аппаратно-программными. К аппаратным относятся среднюю наработку на отказ и срок службы до капитального ремонта. К аппаратно-программным относится среднее время восстановления работоспособности системы.

В качестве основных параметров надежности систем позиционирования и навигации внутри помещения выделяют [5]:

- параметры безотказности (вероятность безотказной работы, средняя наработка до отказа, средняя наработка на отказ, гамма-процентная наработка до отказа, интенсивность отказов, параметр потока отказов, средняя доля безотказной наработки, плотность распределения времени безотказной работы);
- параметры долговечности (средний ресурс, гамма-процентный ресурс, назначенный ресурс, средний срок службы, гамма-процентный срок службы, назначенный срок службы);
- параметры ремонтпригодности (вероятность восстановления работоспособного состояния, среднее время восстановления работоспособного состояния, интенсивность восстановления);
- параметры сохраняемости (средний срок сохраняемости, гамма-процентный срок сохраняемости).

Согласно международному стандарту ISO 9126:1991 надежность программных средств рекомендуется характеризовать [6]:

- уровнем завершенности (отсутствием ошибок);

- стойкостью к дефектам;

- возобновляемостью;

- доступностью – готовностью.

К основным параметрам картографического представления относятся [7]:

- геометрическая (метрическая) информация;

- атрибуты-признаки, связанные с объектом и его характеризующие;

- неметрические (топологические), которые объясняют связи между объектами.

Методы для предотвращения и выявления проблем на основе ДСТУ 3004-95 можно классифицировать [8]:

- расчетно-экспериментальные;

- расчетно-аналитические;

- комбинированные.

Таким образом, для исследования надежности встроенных систем необходимо использовать программно-аппаратные средства, которые всесторонне оценивают надежность систем позиционирования и навигации. Рассмотрим и проанализируем существующие программные комплексы (ПК), реализующие оценку надежности.

Обзор программных комплексов для оценки надежности встроенных систем

Потребность в разработке ПК для автоматизированного моделирования и расчёта статистических и динамических показателей надёжности и безопасности сложных технических систем обусловлено потребностями развивающейся промышленности. В работе были рассмотрены существующие программные комплексы: Relex, Risk Spectrum, АРБИТР, A.L.D. Group, АСОНИКА-К.

Программный комплекс Relex и Risk Spectrum [9]

Relex (Relex software Corporation, США) и Risk Spectrum (Relcon AB, Швеция) позволяют проводить логико-вероятностный анализ надежности и безопасности технических систем, например, расчет надежности современных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), оптимизацию техногенного риска и определение оптимальных параметров системы технического обслуживания потенциально опасных объектов. Основное применение ПК Risk Spectrum получил в вероятностном анализе безопасности объектов атомной энергетики на стадии проектирования.

Программный комплекс может быть использован для расчета надежности не только управляющих или технологических систем, но и изделий приборостроения, вычислительной техники, на транспорте, в оборонной технике. В основе моделирования и расчета показателей надежности и безопасности технических систем, широко применяемых в Европе и США, лежат логико-вероятностные методы, использующие в качестве средства построения графических моделей безопасности (надежности) деревья событий (ДС) и деревья отказов (ДО).

Использование аппарата математической логики позволяет формализовать условия работоспособности сложных технических систем и расчет их надежности

Основные недостатки данного программного комплекса: ограниченность логической базы графических и аналитических средств, что не позволяет реализовать все возможности алгебры логики; невозможность использования множественных, логически противоположных, составных и немонотонных критериев возникновения или не возникновения аварийных ситуаций; невозможность непосредственного представления в ДО циклических связей между элементами; ориентация технологии построена на «обратную логику» рассуждений, т.е. необходимость мысленного перебора комбинаций отказов элементов при формировании графических сценариев отказов или аварий используемой системы; ориентация кодов на использование приближенных методов расчета вероятностных показателей надежности и безопасности.

Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем АРБИТР [10]

Программный комплекс разработан «Специализированной инжиниринговой компанией Севзапмонтажавтоматика» (СПИК СЗМА). Теоретической основой является общий логико-вероятностный метод системного анализа, реализующий все возможности основного аппарата моделирования алгебры логики в базе операций «И», «ИЛИ», «НЕ». Форма представления исходной структуры системы — схема функциональной целостности, позволяющая отображать практически все известные виды структурных моделей систем. Комплекс автоматически формирует расчетные аналитические модели надежности и безопасности систем и вычисляет вероятность безотказной работы, среднюю наработку до отказа, коэффициент готовности, среднюю наработку на отказ, среднее время восстановления, вероятность отказа восстанавливаемой системы, вероятность готовности смешанной системы, а также значимость и вклад элементов в различные

показатели надежности системы в целом. ПК АРБИТР позволяет также автоматически определять кратчайшие пути успешного функционирования, минимальные сечения отказов и их комбинации.

Недостаток заключается в том что данный программный комплекс не используется для оценки надежности систем позиционирования и навигации внутри помещения.

Программный комплекс A.L.D. Group [11]

Фирма A.L.D. Group (Израиль-США,) объединяет две компании, специализирующиеся в области логистики (logistics information system) и оценки надежности: SoHaR и FavoWeb []. Программный продукт FavoWeb — это работающая в Интернете динамическая FRACAS-система (Failure Reporting Analysis and Corrective Action System — Система оповещения об отказах, анализе и корректирующих действиях). Многие зарубежные компании, например компания Lockheed Martin широко используют систему FRACAS. Программный продукт FavoWeb основан на современных возможностях интернет-технологий и реализует полный замкнутый цикл методологии FRACAS, который применим к любому продукту, услуге, процессу. Может быть использован в любой фазе жизненного цикла: разработке, макетировании, производстве, эксплуатации, техническом обслуживании, контроле, испытании; в любой отрасли: авиации, обороне, связи, электронике, фармацевтике, автомобилестроении, бытовой технике.

Недостаток A.L.D.Group заключается в том что программный комплекс ориентирован на импортную технику, а это требует от пользователей высокой подготовки в области математической статистики и её приложения к задачам оценки надёжности.

Программный комплекс АСОНИКА-К [12]

АСОНИКА-К (Россия, ASKSoft-МИЭМ) — программное средство решения задач анализа и обеспечения надежности в рамках автоматизированного проектирования. По своим возможностям подсистема АСОНИКА-К не уступает RBD-модулям зарубежных ПК A.L.D. Group (RAM Commander), Relex, Isograph и др. АСОНИКА-К представляет собой программное средство, созданное в технологии «клиент-сервер». Состав программного комплекса АСОНИКА-К:

- система расчета характеристик надежности составных частей (СЧ) ;
- система расчета показателей надежности изделий;
- система анализа результатов;
- система архивации проектов;

- справочная система;
- система сопровождения базы данных;
- система администрирования пользователей.

Главными недостатками зарубежных ПК являются: высокая стоимость, технологическая зависимость, проблемами подготовки кадров.

Основные недостатки АСОНИКА-К: отсутствие интеграции с другими системами; невозможность задания входного механического и теплового воздействия, измененного за счет влияния моделей верхнего уровня систем на модели нижнего уровня; не предназначена специально для анализа несущих конструкций.

После рассмотрения и анализа существующих программных комплексов, учитывая их недостатки, было принято решение сконструировать удаленную лабораторию для разработки методов диагностики встроенных систем, с целью повышения и исследования надежности в реальном времени.

Удаленная лаборатория

Для проведения исследований надежности и средств систем позиционирования и навигации внутри помещения была реализована удаленная лаборатория на основе проекта iLab. Проект является частью инициативы iCampus, которая представляет собой союз Microsoft с Массачусетским технологическим институтом (MIT), который предназначен для адаптации информационных технологий с целью улучшения университетского образования [13].

Основные возможности лабораторий удаленного доступа [14]:

- повышение эффективности обучения студентов при помощи коллективного удаленного доступа к одной и той же экспериментальной установке;
 - экономия средств на дублирование одной и той же экспериментальной установки в студенческом практикуме, которое становится ненужным при организации к ней удаленного доступа;
 - работа на дорогостоящем уникальном оборудовании, недоступном физическим пользователям;
 - проведение экспериментов с радиоактивными и другими опасными веществами;
 - упрощение и удешевление проведения реальных научных экспериментов, для проведения которых необходимо дорогостоящее оборудование или командировки в научные центры ;
 - организация непрерывного круглосуточного доступа к оборудованию в автоматическом режиме.
- Схематически система управления удаленной лабораторией продемонстрирована на Рисунке 1.

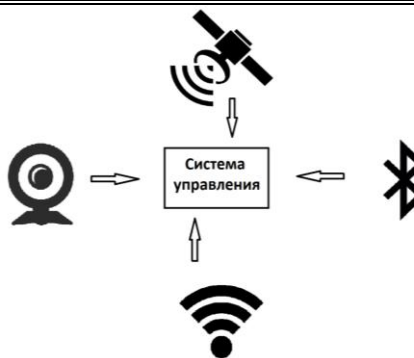


Рисунок 1 – Система управления

Для реализации необходимо установить ServerBroker, который будет осуществлять связь клиента с сервером. Для установки необходимо чтобы система соответствовала данным требованиям: Windows Server 2003 or 2008 Enterprise Edition, SQL Server 2005 или SQL server 2008, Visual Studio.NET 2005 Professional. Установка и настройка состоит из нескольких шагов.

Шаг 1. Подготовка и создание виртуальных каталогов

На первом этапе необходимо установить операционную систему и провести базовые настройки. Далее необходимо установить SQL Server и Visual Studio.NET. После того как все базовые компоненты установлены необходимо создать виртуальные каталоги: ExperimentStorage, iLabServiceBroker, InteractiveTimeOfDay, LabSideScheduling, UserSideScheduling, InteractiveLabServer. Данные каталоги будут отвечать за хранение эксперимента, ServerBroker, длительность эксперимента, планирование на стороне пользователя и сервера. Очень важно при создании виртуальных каталогов выбрать версию ASP.NET. 2.0.xxx.

Шаг 2. Настройка и администрирование системы

Следующий этап – это настройка базы данных. Прежде всего, необходимо открыть общий доступ пользователям. После чего создаем базы данных для каждого каталога: ISB, ESS, USS, LSS, TOD. Далее необходимо заполнить и проверить эти базы данных.

Заполнить можно с помощью скрипта или вручную. При запуске каталога iLabServiceBroker создаем супер пользователя, что позволяет нам создавать других пользователей, группы, давать или ограничивать права.

Шаг 3. Установка LabVIEW

Рассмотренные эксперименты были реализованы с помощью пакета LabVIEW.

Предпочтение было отдано данному продукту, так как он достаточно простой в использовании имеет полную совместимость с данной удаленной лабораторией [7].

Для запуска LabVIEW необходимо установить программный пакет от National Instruments. Основной компонент устанавливается достаточно просто и быстро. Для работы с внешними устройствами необходимо устанавливать дополнительные модули. Каждый модуль устанавливается вручную, поэтому можно выбрать только необходимые. Дополнительные модули позволяют увеличить возможности данного программного продукта.

Заключение

В работе были систематизированы параметры надежности, проанализированы и классифицированы средства навигации внутри помещения. Рассмотрены основные проблемы надежности систем реального времени, были определены недостатки, которые могут влиять на работоспособность системы. Были рассмотрены программные комплексы для оценки надежности встроенных систем. Была построена удаленная лаборатория для изучения надежности систем навигации внутри помещения.

Научная новизна заключается в разработке модели встроенной диагностики систем позиционирования и навигации.

Практическая значимость заключается в том, что лаборатория удаленного доступа впервые была использована для исследования систем позиционирования и навигации внутри помещения.

Список литературы

1. Навигация внутри помещения без GPS [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://robotosha.ru/technologies/indoor-navigation-without-gps.html>
2. Д.В. Гмарь Навигация в помещениях [Электронный ресурс] / Д.В. Гмарь, К.И.Кротенок - 2015 – режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/245325/>
3. Картографическое представление зданий [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: http://esri-cis.ru/upload/docs/arcgis/ArcGIS%209.3.1/Representations_Tutorial
4. М.С. Щёкотов Сравнительный анализ систем позиционирования смартфонов в помещениях [Электронный ресурс] / М.С. Щёкотов, А.М. Кашевник – 2012. – Режим доступа: <http://robotosha.ru/technologies/indoor-navigation-without-gps.html>
5. Теория надежности [Электронный ресурс] - 2015 – режим доступа: <http://fan-5.ru/better/article-198251.php>

6. Г.В. Табунщик Інженерія якості програмного забезпечення [Текст] / Г.В. Табунщик, Р.К. Кудерметов, Т.И. Брагіна – Запоріжжя, дике поле, 2013- с. 77;
7. Требования к картографической документации [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/4456753/>
8. ДСТУ 3004-95 [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://metrology.com.ua/download/dstu-gost-gost-r/60-dstu/437-dstu-3004-95>
9. Relex и Risk Spectrum [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.riskspectrum.com/en/risk/>
10. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности систем АРБИТР [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.szma.com/pkasm.shtml>
11. Программный комплекс A.L.D. Group [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.albservice.com/products/products.html>
12. Программный комплекс АСОНИКА-К [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://www.asonika-k.ru/>
13. i-Lab, Massachusetts Institute of Technology [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <https://wikis.mit.edu/confluence/display/PLAB2/Home>;
14. Постников Е.Б. Обзор мирового опыта создания и эксплуатации лабораторий удаленного доступа [Электронный ресурс]. - 2011. – режим доступа: <http://www.sunspire.ru/resources/useful-papers/>

Надійшла до редакції 10.09.2016

О.А. ПЕТРОВА, Г.В. ТАБУНЩИК

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ПОЗИЦІОНУВАННЯ І НАВІГАЦІЇ ВСЕРЕДИНІ ПРИМІЩЕННЯ

У даній статті розглянуті основні характеристики надійності систем позиціонування і навігації всередині приміщення. Розглянуто програмні комплекси для оцінки надійності вбудованих систем. Запропонована віддалена архітектура для віддалених експериментів для вивчення характеристик надійності систем позиціонування і навігації всередині приміщення.

Ключові слова: *віддалені експерименти, надійність, навігація всередині приміщень.*

O.PETROVA, G. TABUNSHCHIK

Zaporizhzhia National Technical University (Ukraine)

INFORMATIONAL SYSTEM FOR THE RELIABILITY STUDY OF THE INDOOR SYSTEMS

The authors investigate indoor navigation systems and characteristics of their reliability. As such systems as GPS/GLONASS/Maps because of their restrictions do not function properly indoors, in this article the indoor-navigation will be discussed such as Wi-Fi (IWAY, Wifarer, Walkbase, Qubulus, Horus), Bluetooth (PlaceLab, iBeacon), Zigbee, RFID.

For real-time systems such as geolocation system for which the correct operation depends directly on the speed of action, the response time of the hardware and software, the main reliability problems were discussed. So it is important to ensure stable functioning of failure elements, reaction on the unpredictable impact of errors and shortcomings software, as well as errors that occur during operation that are not recorded during the prototype testing. As in-door navigation systems use cartographic presentation of the space, there are additional sources of reliability problems, such as relevance, accuracy, constant updates, as well as poor accuracy when using raster maps of probability introduces additional fault tolerance to reduce system as a whole.

So based on the indicators of Indoor-navigation systems reliability components, it is important to calculate reliability parameters, such as durability, maintainability, sustainability defects, all of which constitute a parameter reliability. With the help of specific software systems for testing embedded systems, using system analysis method, logical-probabilistic method and the algebra of logic to automatically determine the shortest path of successful operation, the minimum cross section of failures and combinations thereof, it is impossible to make reliability mistakes of positioning and navigation systems indoors. It is therefore proposed the use an alternative method, based on the above data, based on remote experiments, which can provide flexible and cheap solution for research and educational institutions.

Key words: *remote experiments, reliability, indoor-navigation.*