



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DINFO
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

REVIEW

of Overseas Research Supervisor on dissertation work of
Mendakulov Zhassulan Korabaevich
"Development of the possibility of indoor positioning using
low-energy Bluetooth signals"
presented for application of scientific degree of
Doctor of Philosophy (Ph.D.) in specialty no. 6D071900 "Radio
Engineering, Electronics and Telecommunications"

1. Relevance of the research topic

In applications for determining the location of an object in enclosed spaces, in particular in mine workings, according to regulatory documents, there is a requirement that the subsystem must continuously determine in real time the location of each worker who has descended into the mine with a resolution of ± 20 m. According to the available data presented in articles, in the existing complexes for positioning personnel and transport, the determination of the position of personnel in underground workings and in mine transport is guaranteed within 100 m, which does not meet the requirements of the regulatory document. It is necessary to increase the positioning accuracy up to 20 m.

In the dissertation work, the goal was set to develop methods for increasing the positioning accuracy and tasks were formulated for researching this topic. One of the tasks to improve positioning accuracy is to solve the problem of multipath propagation and the interference caused by it. To solve this problem, the doctoral student carried out experimental measurements and computer modeling. The design office has designed beacons that emit a low-energy signal at the Bluetooth frequency, a USB wide-band RF generator, a 5-channel spectrum analyzer, a multifrequency transmitter and a multifrequency receiver. The antennas were modeled in the MMANA GAL software environment.

In the work, the following tasks were set and solved:

1. Carry out experimental measurements to determine the difference in measurement accuracy when receiving a signal at one frequency from receiving a signal at many frequencies, combining the measurement results of individual frequencies into one reading. Check the influence of various obstacles on the signal flow;
2. Perform computer simulations to identify methods for eliminating the



influence of interference caused by multipath signal propagation;

3. Compare the method of averaging the results of multifrequency measurements with the method of averaging the minimum and maximum values of the measured multifrequency signals by means of computer simulation;

4. Perform computer simulation with the goal to eliminate interference at different heights of transmitters and receivers;

5. Perform computer simulation to evaluate the effect of incoherent accumulation on signal-to-noise ratio enhancement.

2. The degree of novelty of each scientific position formulated in the dissertation

As a result of the carried out experimental and computer studies, it was revealed that the multifrequency method of averaging the signal level measurements when determining the coordinates can reduce the errors in determining the locations caused by interference. The proposed "minimax" method for determining the signal level makes it possible to stabilize the received signal and thereby reduce the root mean square errors when measuring signal levels under interference conditions. The choice of decreasing the height of the transmitters and receivers relative to the plane of location leads to a decrease in the magnitude of the error when measuring the signal level under interference conditions.

The incoherent accumulation of measurement results improves the signal-to-noise ratio. Analysis of existing articles and approbation of the results in a peer-reviewed journal shows that the results are of scientific novelty.

3. Compliance with the principle of independence in the dissertation

The doctoral student independently conducted experimental and computer research. The provisions of the dissertation were tested by the author's participation in international scientific conferences, publication in a peer-reviewed journal of the Scopus database and publications in other journals.

Mendakulov Zhassulan Korabaevich – deserves the award of a PhD degree in the specialty 6D071900 "Radio Engineering, Electronics and Telecommunications"



UNIVERSITA
DEGLI STUDI
FIRENZE
DINFO
DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
DELL'INFORMAZIONE

Simone. Morosi
Ph. D., Assistant Professor
Information Engineering Department
of University of Florence
Florence, Italy
Overseas Research Supervisor

Simone Morosi



« » FIRENZE 05.11.2021

ОТЗЫВ

зарубежного научного руководителя
на диссертационную работу PhD докторанта
Мендакулова Жасулана Корабаевича
специальности 6D071900 – «Радиотехника, электроника и
телекоммуникации»

на тему: «Разработка возможности позиционирования внутри помещений с использованием низкоэнергетических сигналов Bluetooth»
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)

1. Актуальность темы исследования

В приложениях по определению местоположения объекта в закрытых помещениях, в частности в шахтных выработках по нормативным документам имеется требование, о том, что подсистема должна непрерывно в реальном времени определять местонахождение каждого спустившегося в шахту работника с разрешением ± 20 м. Согласно имеющимся данным, представленных в статьях, в существующих комплексах позиционирования персонала и транспорта определение положения персонала, находящегося в подземных выработках и внутришахтного транспорта гарантируется в пределах 100 м, что не соответствует требованиям нормативного документа. Необходимо повышать точность позиционирования до 20 м.

В диссертационной работе была поставлена цель по разработке методов повышения точности позиционирования и сформулированы задачи по исследованию данной темы.

Одной из задач по повышению точности позиционирования является решению проблемы многолучевого распространения и вызванную им интерференцию. Для решения этой задачи докторантом были проведены экспериментальные измерения и компьютерное моделирование.

В конструкторском бюро были спроектированы маяки, излучающие низкоэнергетический сигнал на частоте Bluetooth, USB-генератор радиочастот широкого диапазона, 5-канальный анализатор спектра, многочастотный передатчик и многочастотный приемник.

Антенны были смоделированы в программной среде MMANA GAL.

Эксперименты проводились в

В работе были поставлены и решены следующие задачи:

1. Провести экспериментальные измерения для определения отличия точности измерений при приеме сигнала на одной частоте от приема сигнала на многих частотах, объединением результатов измерений отдельных частот в одно показание. Проверить влияние различных преград на прохождение сигнала;

2. Провести компьютерное моделирование для выявления методов устранения влияния интерференции, вызванную многолучевым распространением сигнала;

3. Компьютерное моделирование для сравнения метода усреднения результатов многочастотных измерений с методом усреднения минимального и максимального значений измеренных многочастотных сигналов;

4. Компьютерное моделирование для устранения интерференции при разных высотах передатчиков и приемников;

5. Компьютерное моделирование некогерентного накопления для усиления отношения сигнал/шум.

2. Степень новизны каждого научного положения, сформулированных в диссертации

В результате проведенных экспериментальных и компьютерных исследований выявлено, что многочастотный способ усреднения измерений уровня сигнала при определении координат позволяет снизить ошибки в определении местоположений, вызванные интерференцией. Предложенный метод «минимакса» для определения уровня сигнала, позволяет стабилизировать принятый сигнал и тем самым снизить среднеквадратичные ошибки при измерении уровней сигнала в условиях интерференции. Выбор высоты передатчиков и приемников относительно плоскости расположения на основе кратности длине волны приводит к снижению величины ошибки при измерении уровня сигнал в условиях интерференции. Некогерентное накопление результатов измерений позволяет повысить отношение сигнал/шум. Анализ существующих статей и апробация результатов в рецензируемом журнале показывает, что результаты имеют научную новизну.

3. Соблюдение в диссертации принципа самостоятельности

Докторантом самостоятельно были проведены экспериментальные и компьютерные исследования. Положения диссертации апробированы участием автора в международных научных конференциях, публикацией в рецензируемом журнале базы Scopus и публикациями в других журналах.

Мендакулов Жасулан Корабаевич – заслуживает присуждения ему степени доктора PhD по специальности 6D071900 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации».

Simone Morosi
Ph.D., Assistant Professor
Information Engineering Department
of University of Florence
Florence, Italy
Overseas Research Supervisor

Перевод документа с английского языка на русский язык выполнен ИП «АП ФЕРТЬ» действующей на основании свидетельства о государственной регистрации серия 12915 №0820665, от имени которой по доверенности действует Зобнева Елена Григорьевна 02.10.1990 года рождения, ИИН901002499087.

Подпись *Е. Зобнева Елена Григорьевна*

Республика Казахстан, город Алматы

Девятнадцатое ноября две тысячи двадцать первого года

Я, Мосолова Светлана Николаевна нотариус города Алматы действующая на основании государственной лицензии №0003418 от 20.07.2011 года выданной Комитетом регистрационной службы и оказания правовой помощи Министерства Юстиции Республики Казахстан, свидетельствую подлинность подписи гражданки Зобневой Елены Григорьевны, действующей по доверенности от имени ИП «АП ФЕРТЬ» которая сделана в моем присутствии. Личность установлена, дееспособности и полномочия проверены.

Зарегистрировано в реестре за № *4081*

Взыскано: 1547 тенге

Нотариус: *Мосолова*



ES0803102170208198124A238097C

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия