



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ТҰҢҒЫШ ПРЕЗИДЕНТІ - ЕЛБАСЫНЫҢ ҚОРЫ

«ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ БІЛІМ – 2017»

студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ – 2017»

PROCEEDINGS

of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«SCIENCE AND EDUCATION - 2017»



14th April 2017, Astana



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**«Ғылым және білім - 2017»
студенттер мен жас ғалымдардың
XII Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XII Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«Наука и образование - 2017»**

**PROCEEDINGS
of the XII International Scientific Conference
for students and young scholars
«Science and education - 2017»**

2017 жыл 14 сәуір

Астана

УДК 378

ББК 74.58

Ғ 96

Ғ 96

«Ғылым және білім – 2017» студенттер мен жас ғалымдардың XII Халықаралық ғылыми конференциясы = The XII International Scientific Conference for students and young scholars «Science and education - 2017» = XII Международная научная конференция студентов и молодых ученых «Наука и образование - 2017». – Астана: <http://www.eni.kz/ru/nauka/nauka-i-obrazovanie/>, 2017. – 7466 стр. (қазақша, орысша, ағылшынша).

ISBN 978-9965-31-827-6

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 378

ББК 74.58

ISBN 978-9965-31-827-6

©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2017

ПАССИВНАЯ РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Сабыров Асқар Ертайұлы

kyrkaz@gmail.com

Научный сотрудник НИИ Радиофизики и электроники ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Астана,
Казахстан

Научный руководитель – проф. д.ф.-м.н. А.А. Вертий

В данной работе рассматривается задача визуализации электромагнитных полей в миллиметровом диапазоне длин волн с целью построения радио изображения различных объектов, т.е. решается задача радиовидения в субтеррагерцовом диапазоне длин волн. Необходимость таких систем, особенно в последние годы, мотивированы возрастающим уровнем опасности на воздушном, морском и железнодорожном транспорте. Другими словами, в рамках настоящей работы разработан подход позволяющий детектировать опасные объекты, такие как оружие и взрывоопасные жидкости, герметически закрытые в пластиковых контейнерах.

Целью работы является разработка экспериментального метода детектирования опасных скрытых объектов на основе пассивной радиометрической системы визуализации электромагнитных полей в миллиметровом диапазоне длин волн.

Основной задачей рассматриваемой радиометрической системы, является формирование изображения объекта по распределению радиояркостной температуры в плоскости изображения радио объектива. Другими словами, формируется 2D распределение интенсивности радиотеплового излучения. Современные сканирующие радиометрические системы формируют матрицу выходных данных, которая соответствует радиояркостной температуре сканируемой области пространства. В дальнейшем из полученной матрицы выходных данных путем компьютерной обработки формируется двумерная картинка, являющаяся результатом радиометрического сканирования объекта или области пространства[1].

Основная идея формирования изображения заключается в фокусировке излучения электромагнитной энергии в некоторой исследуемой области в плоскости изображения, получаемого при помощи высокочувствительного радиометрического сенсора миллиметрового диапазона.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Для пассивной радиометрии наиболее перспективными представляются антенны поверхностного типа, а именно: зеркальные параболические антенны; линзовые антенны; многоэлементные синфазные антенны, а также дифракционные антенны сканирующего типа[2].

В нашем случае, для фокусировки электромагнитного поля исследуемой области в плоскость изображения, было использовано параболическое зеркало со следующими характеристиками:

- Диаметр раскрытия, апертура, $D = 1500\text{мм}$;
- Фокусное расстояние, $F = 380\text{мм}$;

В НИИ «Радиофизики и электроники» имеются в распоряжении 2 идентичных радиометра на длину волны 8 мм. Радиометр выполнен на чипах, производство ГНИЦ «Айсберг», Киев, Украина. Чувствительность радиометра равна 10 мК при времени интегрирования $t = 1$ с. Микрополосковая конструкция приемных плат и малошумящие усилители на чипах позволили реализовать компактный радиометр с размерами 72x20x22, вес не превышает 40 г (Рисунок2).

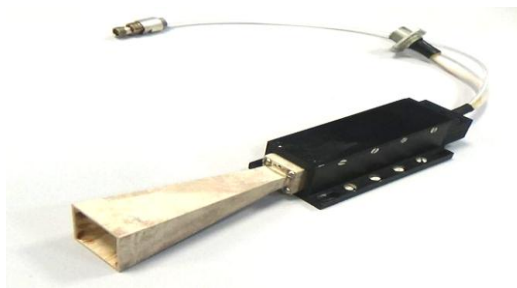


Рисунок 1. Радиометрический приемник с рупорной антенной на длину волны 8 мм

Использование рупорной антенны в комплексе с параболическим зеркалом дает узкую диаграмму направленности и низкий уровень боковых лепестков, которое, в свою очередь, препятствует приему паразитных излучений.

Важно заметить, что в миллиметровом диапазоне, в нашем случае центральная частота приема радиометрического приемника равна 37,5 ГГц (длина волны равна 8 мм), электромагнитное излучение в некоторой степени распространяется в приближении геометрической оптики [3].

Учитывая, что исследуемый объект находится на расстоянии d от параболического зеркала, известно, что изображение этого объекта можно получить в плоскости изображения оптической системы на расстоянии f .

Так как радиометрическая система является пассивной, стоит отметить, что принимаемый радиометром сигнал является очень слабым для того, чтобы можно было отделить его от фоновой температуры вокруг этого объекта. Поэтому целесообразным считается внести контрастный сигнал для увеличения контрастности между исследуемым объектом и фоном. Для этой цели необходимо использовать излучение холодного неба, который является очень сильным источником естественного излучения и может дать тот контрастный сигнал, требуемый для выделения исследуемого объекта от фоновой температуры.

Учитывая вышеизложенное, можно проиллюстрировать процесс измерения электромагнитного поля в следующей схеме на Рисунок2:

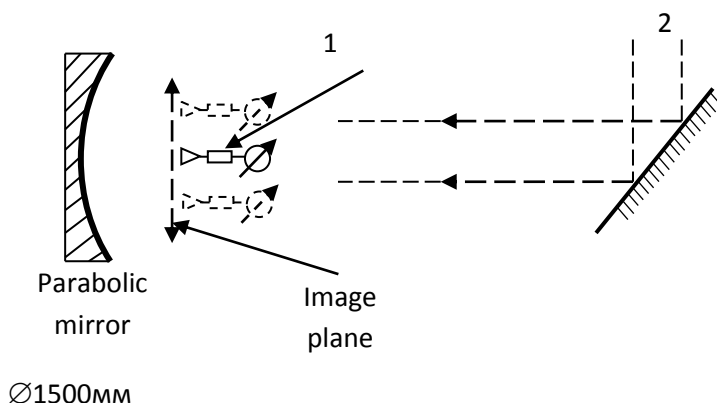


Рисунок 2. Схема формирования изображения на 37,5 ГГц: 1 – радиометр; 2 – излучение холодного неба.

Для механического сканирования был использован 3D сканнер, который был изготовлен компанией «Standa» (Вильнюс, Литва), по специальному техническому заданию, разработанный институтом «Радиофизики и электроники». Этот сканнер позволяет осуществлять движение в трех осях, т.е. в пространстве (150x150x150 мм), с высокой точностью настройки скорости и ускорения. Также, в поставляемой вместе со сканнером контролер встроен потенциометр, который выполняет роль аналого-цифрового

преобразователя, частота дискретизации АЦП контроллера равна 20 кГц. Последовательное движение платформы сканнера можно запрограммировать с помощью программного обеспечения XiLab. В нашем случае, была использована консоль командной строки, который поддерживает язык программирования JavaScript.

Для сканирования изображения нужно использовать метод построчного сканирования со сменой направления строк, т.е. осуществляется непрерывное горизонтальное сканирование одной строки, после этого сканнер перемещает радиометр на следующую позицию сканируемой строки. Был написан код построчного сканирования и записи числовых данных выходного значения радиометра на языке JavaScript.

Для оцифровки сигнала и сбора данных был использован потенциометр контроллера сканнера.

Когда определен тип используемой антенны, контрастный сигнал, геометрия фокусировки, метод сканирования и способ сбора данных, можно приступить к сборке схемы радиометрической системы.

Пассивная радиометрическая система состоит из следующих основных элементов: параболического зеркала, радиометра с рупорной антенной, 3Д сканнера, блока управления и записи данных.

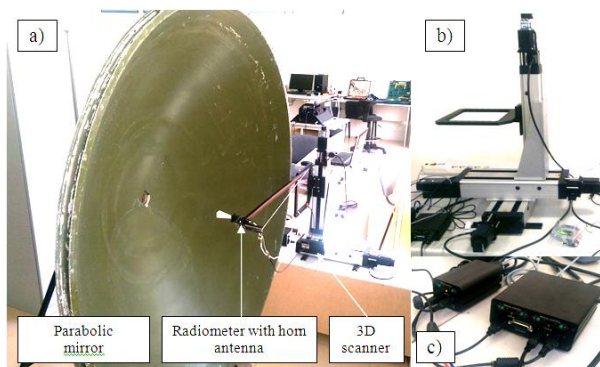


Рисунок3. а) - Фото экспериментальной установки формирования изображения в мм диапазоне длин волн; б) – 3D сканнер; в) – блок управления и сбора данных

Радиометр был закреплен на конце металлической штанги и был вынесен к оси параболической системы, таким образом, затенение рабочей области параболического зеркала сводится к минимуму.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Следующим этапом в разработке пассивной зеркальной радиометрической системы является цифровая обработка данных. Этот этап состоит из двух частей: предварительная цифровая обработка сигнала и цифровая обработка изображений.

Выходной сигнал радиометра оцифровывается и сохраняется в массив числовых данных с помощью программы контроллера. Этот массив данных состоит из большого количества выборок измерения, поэтому требуется усреднить значение и упорядочить по позициям для представления в виде матрицы изображения. Для конкретно этой установки был продуман алгоритм усреднения в интервале текущих позиции и реализован в виде программного кода.

Главной целью цифровой обработки изображения является улучшения изображения. По существу, за методами улучшения изображений стоит идея выявления плохо различимых деталей или просто подчеркивание интересующих характеристик на исходном изображений. Важно иметь ввиду, что улучшение качества – весьма субъективная область в обработке изображений [4].

Для визуализаций цифровых данных было использовано программное обеспечение Matlab 2015. В состав Matlab входят средства визуализации и анализа изображений, которые доступны в приложении Image Processing Toolbox.

Для демонстрации работы радиометрической системы был просканирован пистолет,

помещенный в исследуемую область. После предварительной обработки была получена матрица радио изображения, которая была визуализирована с помощью функции *imshow* в Matlab.

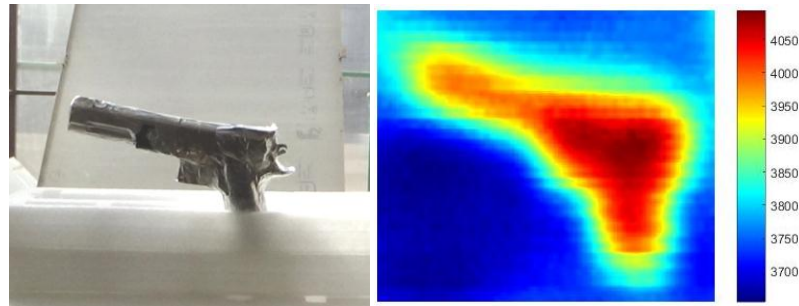


Рисунок4. Фото и визуализированное изображение пистолета

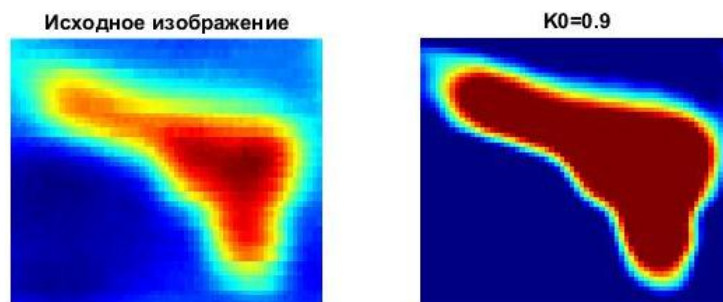


Рисунок 5. Обработка изображения с помощью НЧ фильтра с БПФ и регулировка контрастности



а)

б)



в)

Рисунок6. Фото и радио изображение после НЧ фильтра с БПФ: а) оружие скрытое в портфеле; б) оружие скрытое в картонной коробке; в) оружие скрытое в деревянном ящике.

Из Рисунок4. явствует, что изображение зашумлено, особенно, стоит отметить искажения линейного характера в горизонтальном направлении. Для улучшения качества восприятия необходимо произвести цифровую обработку изображений и подавления шумов в изображении.

В рамках данной работы была реализована фильтрация с помощью дискретного преобразования Фурье. Численная матрица изображения, подвергается двумерному ДПФ, затем из вещественной части (амплитуд гармоник) строится 2D спектр Фурье, далее высокочастотная часть спектра подавляется с помощью фильтра и с помощью обратного ДПФ восстанавливается уже отфильтрованное изображение.

Для наглядной демонстрации работы НЧ фильтра с БПФ произведем обработку радио изображения пистолета. Из Рисунок5 видно, как после обработки НЧ фильтром внутренняя область контура пистолета стала равномерной, а сам контур стал более тонким, резкие углы, грани объекта округлились из-за дифракции волны на границе, тем самым, значительно улучшилось визуальное определение объекта.

Следующие эксперименты были проведены для демонстрации возможности обнаружения скрытых предметов в разных типах багажа, таких как портфель, картонная коробка и деревянный ящик. Судя по Рисунок6, можно сделать вывод, что данная пассивная радиометрическая система визуализации электромагнитных полей успешно справилась с поставленной задачей обнаружения скрытых предметов и может найти применение в разработке устройств обнаружения системах безопасности в миллиметровом диапазоне длин волн [5,6], а также доказывает существенную значимость использования методов цифровой обработки в улучшении качества радио изображений.

Разработан экспериментальный метод дистанционного детектирования скрытых объектов на основе пассивной радиометрической системы визуализации электромагнитных полей в миллиметровом диапазоне длин волн.

Приведены и применены основные методы цифровой обработки изображений, и путем сравнения методов цифровой обработки оправдано использование НЧ фильтра с БПФ.

Реализована программа исследований скрытых объектов с использованием миллиметровых волн. Проведены эксперименты и успешно обнаружено скрытое оружие в разных предметах.

Результаты полученные, в этой работе закладывают основу радиометрических систем нового поколения. При этом данная работа носит приоритетный характер, так как на сегодняшний день не так много эффективно работающих пассивных устройств для сканирования скрытых объектов в системах безопасности миллиметрового диапазона. В будущем предполагается, что данная радиометрическая система сможет стать эффективным средством для контроля скрытых предметов в багаже и под одеждой.

Список использованных источников

1. Николаев, А.Г. Радиотеплокация (пассивная радиолокация) / А.Г. Николаев, С.В. Перцов. - Москва: Советское радио, 1964. – 334с.
2. Есепкина, Н.А. Радиотелескопы и радиометры. / Н.А. Есепкина, Д.В. Корольков, Ю.Н. Парийский.-Москва: Наука, 1973. – 416с.
3. Turk, A.S. Subsurface sensing. / A.S. Turk, A.K. Hocaoglu, A.A. Vertiy. – USA: Wiley, 2011. – 885p.
4. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2012. - 1104с.
5. Vertiy, M. Tekbas, A. Kizilhan, S. Panin and S. Ozbek. Sub-terahertz Radiometric Imaging System for Concealed Weapon Detection. PIERS-2010, Cambridge, US, 2010.
6. Vertiy, S. Ozbek, A. Pavlyuchenko, S. Panin, M. Tekbas, A. Kizilhan, H. Cetinkaya and A. Unal. Short- and Long-Range Passive Imaging in Millimeter-Wave-Band. URSI GASS-2011, Istambul, 2011.