

2. Computer Assisted Surgery. Precision Technology for Improved Patient Care, March 22, 2004, <http://www.advamed.org/newsroom/caswhitepaper.pdf>
3. С.Б. Буцан, С.Б. Хохлачев, С.А. Перфильев, Ш.Н. Йигиталиев Хирургическое лечение больных с дефектами и деформациями скуло-глазничной области с применением трехмерного компьютерного моделирования при планировании оперативного вмешательства. // «Институт стоматологии» — Санкт-Петербург, № 47, июнь 2010.
4. DICOM [Электронный ресурс] // Digital Imaging and Communications in Medicine (<http://medical.nema.org/dicom>).
5. Pinykh O.S. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)// A Practical Introduction and Survival Guide. Springer, 2009.
6. Жук Д.М., Перфильев С.А. CAS-системы – системы автоматизированного проектирования в хирургии // Наука и образование-2011, Т.3.
7. El-Baz A.S., Acharya U.R., Mirmehdi M., Suri J.S. Multi Modality State-of-the-Art Medical Image Segmentation and Registration Methodologies // Biomed. Sci. V. 1. Springer, 2011.
8. Hajnal J.V., Hill D.L.G. Medical Image Registration // CRC Press, 2001.
9. Suri J.S., Setarehdan S.K., Singh S. Advanced Algorithmic Approaches to Medical Image Segmentation //Mammography and Pathology- Neurology Springer, 2002.
10. Dougherty G. Medical Image Processing //Techniques and Applications. Springer, 2011.
11. Cook S. CUDA Programming: A Developer's Guide to Parallel Computing with GPUs. //Newnes, 2013.

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК ПРИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ

Булгакова О.В., Асочаков А.С., Шульгина Ю.В.
Научный руководитель: Шульгина Ю.В., ассистент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: illoisa@mail.ru

USING OF PHASED ARRAYS TO STUDY OF INTERNAL ORGANS

Bulgakova O.V., Asochakov A.S., Shulgina Yu.V.
Scientific Supervisor: Assistant Shulgina Yu.V.
Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: illoisa@mail.ru

В статье показаны преимущества использования фазированных антенных решеток по сравнению с одиночными ультразвуковыми датчиками, также рассмотрены сложности разработки устройств на основе фазированных антенных решеток и возможные пути их устранения. В статье подробно рассмотрен метод SPA (Sampling phased array), разработанный в Фраунгоферовском институте неразрушающих методов контроля (Германия). Приводится последовательность обработки данных, полученных с антенной решетки для построения изображения объекта контроля. В статье приводится изображение объекта контроля, для случая сканирования антенной решеткой из пяти датчиков. Для получения экспериментальных данных был выбран материал со скоростью распространения ультразвука 1480 м/с, что близко к скорости распространения ультразвука в мягких тканях. Исходя из полученных результатов, был сделан вывод о высокой информативности сравнительно высокой скорости ультразвукового исследования при использовании фазированных антенных решеток.

The article shows the advantages of phased arrays in comparison with single ultrasonic sensors also considered the complexity of developing devices based on phased arrays and possible ways of their elimination. The

article considered in detail the method of SPA (Sampling phased array), developed by the Fraunhofer Institute for non-destructive testing (Germany). Contained the sequence of data processing obtained from the phased array for object of control imaging. The article presents an image of the control object for the case of scanning array from five sensors. For the experimental data was selected material with propagation velocity of ultrasound 1480 m / s, what is close to the propagation velocity of ultrasound in soft tissue. Based on the results, high information content and relatively high speed ultrasound control are concluded with using phased arrays.

В настоящее время обследования с помощью ультразвука занимают огромную нишу в современной медицине как безопасный и достаточно точный способ диагностики. Данный метод используется и при диагностике космонавтов перед вылетом, так как любые заболевания, не обнаруженные на земле, могут стоить жизни астронавту в космосе. Однако ультразвуковую диагностику можно проводить 2 путями: с помощью одного датчика, что упрощает схему, но сильно усложняет получение изображения большого размера, или с помощью фазированной антенной решетки (ФАР), с помощью которой намного проще получить максимально возможное изображение минимальными движениями оператора.

ФАР, в ходе одного цикла излучения – приема, позволяет получить все углы прозвучивания исследуемого объема, в то время, как при озвучивании объекта контроля одиночным датчиком, необходимо обеспечить его перемещение [1, 2].

У устройств на основе ФАР существует серьезный недостаток – их стоимость, в связи с тем, что для обработки полученных данных в реальном времени необходимо использовать параллельно работающие мощные процессоры. Избавиться от этой проблемы возможно, используя программируемые логические интегральные микросхемы (ПЛИС), позволяющие организовать на одном кристалле параллельно выполняющиеся вычисления, что позволит сократить временные затраты на обработку данных без ущерба по стоимости.

Для реализации устройства был выбран метод тактированной фазированной решетки или SPA (Sampling phased array), разработанный во Фраунгоферовском институте неразрушающих методов контроля (Германия). Суть этого метода заключается в поочередном возбуждении элементов антенной решетки и параллельном приеме всеми элементами отраженных сигналов [3]. Для пояснения работы метода необходимо привести алгоритм и схематическое изображение принципа работы метода SPA.

Для начала исследуемая область условно разбивается на минимально необходимое число точек, под выбранное разрешение строится программа обработки. Для получения данных необходимо, чтобы в одном положении был пройден полный цикл приема-передачи. Все элементы решетки излучают по очереди, при этом в каждом такте все элементы принимают сигналы. Далее производится обработка полученных сигналов:

1. Производится расчет времени прохождения УЗ-луча до каждой точки исследуемого объема для всех пар излучатель – приемник и заносятся в матрицу.
 2. Из А-скана, по полученным временам, извлекается амплитуда сигнала в каждой точке.
 3. Полученные амплитуды для каждой пары излучатель – приемник суммируются.
 4. Строится изображение, на котором глубина цвета – это величина суммы амплитуд [4, 5].
- Визуально принцип работы метода состоит в следующем:

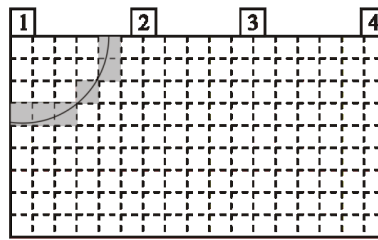


Рис. 1. Получение изображения участка с измененной плотностью при работе 1 излучателя и приемника

При однократном излучении определить геометрические размеры неоднородности не представляется возможным, так как в этом случае будет выявлено только расстояние до участка с измененной плотностью (См. рис. 1.). В определении точного места положения неоднородности и ее геометрических размеров помогут следующие циклы приема-передачи ультразвуковых волн (См. рис. 2)[6].

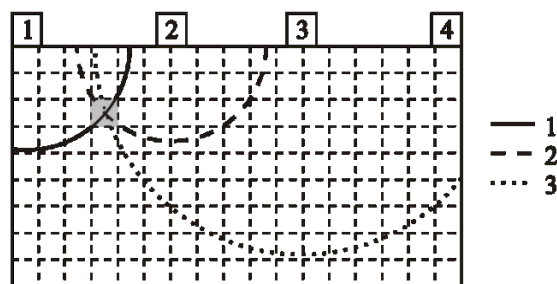


Рис. 2. Получение изображения участка с измененной плотностью 3 излучателей и приемников

Используя описанный выше алгоритм, была составлена программа для моделирования обработки данных в пакете MathLab с ФАР, состоящей из 5 элементов. В качестве обрабатываемых данных взяты реальные А-сканы. В качестве объекта контроля был использован резиновый брусок с полостью. Скорость распространения ультразвука в резине – 1480 м/с, что близко к скорости распространения ультразвука в мягких тканях.

В результате моделирования было получено изображение, представленное на рис.3.

На рис. 3. положение и форма неоднородности малоразличима. Это связано с тем, что А-скан имеет как положительное, так и отрицательное значение амплитуды. Для лучшей визуализации был взят модуль от полученного результата. Изображение представлено на рис. 4.

Рис. 4 показывает наличие неоднородности в нижней четверти изображения, ее положение и форма при этом хорошо различимы.

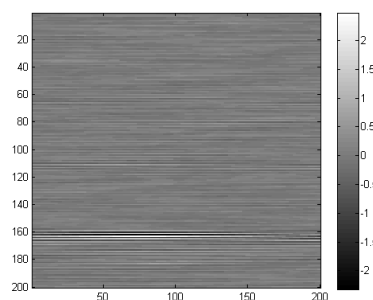


Рис. 3. Результат математического моделирования при наличии неоднородности в исследуемом объеме

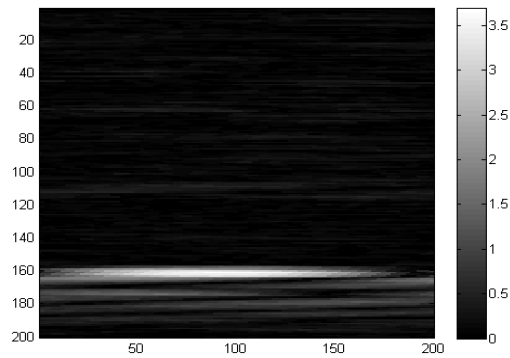


Рис. 4. Обработанный результат математического моделирования при наличии неоднородности в исследуемом объеме

Исходя из полученных результатов, можно сказать, что использование ФАР позволяет проводить сканирование на высокой скорости (при использовании параллельной обработки данных с антенной решеткой). Использование модуля сигнала для построения изображения улучшает визуализацию. При увеличении количества датчиков в решетке – растет точность изображения объекта и зона контроля, но при этом возрастает сложность системы обработки и ее стоимость. В каждом случае разработки устройства необходим разумный компромисс между этими параметрами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотина И.О. Ультразвуковые решетки для количественного неразрушающего контроля. Инженерный подход. // Дефектоскопия. – 2013. – № 3. – с. 21-40.
2. Soldatov A.I Nondestructive testing of pallets defects by multichannel ultrasound system. //52nd Annual Conference of the British Institute of NDT. – 2013. – с. 466-472.
3. Асочаков А. С. Метод обработки ультразвукового сигнала фазированной антенной решетки [Электронный ресурс] / А. С. Асочаков, Ю. В. Шульгина; науч. рук. А. И. Солдатов // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность : сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25-29 мая 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Т. 1. — с. 230-233.
4. Болотина И.О. Особенности ультразвуковой 3D-визуализации в современных средствах контроля. // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13. – с. 154-157.
5. Солдатов А.И. Акустическая дефектоскопия многослойных материалов, используемых в вертолетостроении. // Контроль. Диагностика. – 2013.– № 13. – с. 74-77.
6. Буй Д. В. Трехмерная реконструкция объектов контроля методом SAFT во временной области с использованием корреляционной функции. // Контроль. Диагностика. –2014. – № 13. – с. 128-132.