

IMAGING OF SOUND-SOURCE OBJECTS USING A SYNCHRONIZED TWO-DIMENSIONAL ARRAY OF MICROPHONES

Sukhanov D. Ya., Erzakova N. N.
Tomsk State University
Lenina av. 36, Tomsk, 634050, Russia
Ph.: (3822) 412583, e-mail: sdy@mail.tsu.ru

Abstract — A method of sound-source objects imaging in the air is proposed, the method is based on two-dimensional plane microphone array allowing simultaneous measurements of the sound field with a frequency up to 6 kHz. This system is designed to visualize sound-source objects, such as people talking or moving parts of different mechanisms. The array consists of 256 microphones connected via multiplexers to the microcontroller.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЗВУКА НА ОСНОВЕ СИНХРОННОЙ ДВУМЕРНОЙ МИКРОФОННОЙ РЕШЁТКИ МИКРОФОНОВ

Суханов Д. Я., Ерзакова Н. Н.
Томский государственный университет
пр. Ленина, 36, г. Томск, 634050, Россия
тел.: (3822) 412583, e-mail: sdy@mail.tsu.ru

Аннотация — Предлагается способ визуализации звукоизлучающих объектов в воздухе на основе двумерной плоской решётки микрофонов позволяющей одновременные измерения звукового поля с частотой до 6 кГц. Данная система предназначена для визуализации звукоизлучающих объектов, например, говорящих людей или подвижных частей различных механизмов. Решётка состоит из 256 микрофонов подключенных через мультиплексоры к микроконтроллеру.

I. Введение

Одним из полезных инструментов для дефектоскопии работающих механизмов является вибродиагностика. Применение томографических методов обработки волнового поля позволяет визуализировать форму источника [1]. Наиболее удобно осуществление бесконтактной вибродиагностики через воздух на основе измерений распределения звукового поля и его анализа [2]. Кроме того, данная технология может использоваться для локализации говорящих людей и определения их координат. Для сохранения пространственной когерентности в измеряемом поле, необходимо осуществлять одновременно измерения сигналов в распределенной решетке микрофонов. Одновременная оцифровка сотен и тысяч каналов на частотах несколько кГц требует дорогостоящих технических решений. Для решения этой задачи предлагается использовать два 8-ми канальных аналого-цифровых преобразователя (АЦП) в сочетании со скоростным 16-ти канальным мультиплексором. Разработанная система позволяет оцифровывать сигналы с 256 микрофонов.

II. Основная часть

Одной из проблем восстановления изображений сторонних источников звука является отсутствие синхронизации источника звука и приёмной системы. В таком случае, целесообразно вести отсчёт фазы сигналов от одного из элементов приёмной решётки. С помощью обработки измеренного поля на отдельных частотах методом пространственно-согласованной фильтрации либо методом обращения волнового поля [3-4] возможно восстановление изображений монохроматических источников, при условии, что дальность до них известна. Широкополосные источники звука могут быть визуализированы также как узкополосные на одной из частот спектра излучения. За счёт суммирования по частотам амплитуд восстановленных изображений на различных

частотах возможно повышение качества изображений звукоизлучающих объектов [3].

Было проведено численное моделирование приёмной квадратной матрицы микрофонов из 256 элементов с шагом размещения 6 см в полосе частот от 500 до 3000 Гц. В качестве звукоизлучающих объектов рассматривались три точечных источника на дальности 50 см с различным спектром. Первый излучатель (слева) имел равномерный спектр от 500 до 1800 Гц, второй (в центре) от 500 до 3000 Гц и третий (справа) со спектром от 1800 до 3000 Гц. Результат восстановления изображения данной комбинации излучателей представлен на рис. 1.

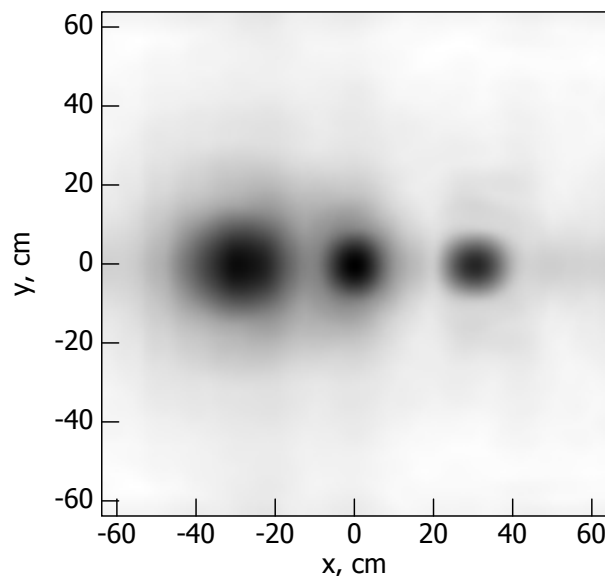


Рис. 1. Результат восстановления изображения трёх смоделированных некогерентных точечных излучателей.

Fig. 1. The reconstruction result of three modeled incoherent point sources

Разрешение изображения низкочастотного источника ниже, чем у широкополосного или высокочастотного. Разрешение для высокочастотного и для широкополосного источников почти совпадают, но широкополосный источник восстанавливается с большей интенсивностью.

Некогерентная широкополосная обработка [3] не позволяет получить разрешения по дальности сравнимого с когерентными методами, однако в ближней зоне решётки возможно определение дальности до точечных источников. На рис. 2 представлен результат моделирования рассмотренных ранее трёх излучателей, но центральный располагается на дальности 70 см а крайние на 50 см. Несмотря на то, что фокусировка поля производится на дальность 50 см центральный источник всё ещё визуализируется однако с худшим разрешением.

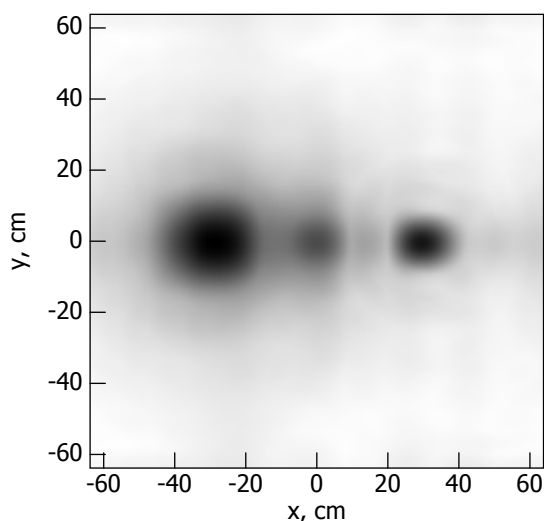


Рис. 2. Изображение двух рассеивателей на дальности 50 см и одного на 70 см.

Fig. 2. The reconstruction result of three modeled incoherent point sources

В случае когерентной обработки центральный источник не был бы визуализирован следствии высокого разрешения по дальности.

Для осуществления измерений предлагается двумерная решетка микрофонов, состоящая из 16-ти линейных решеток (рис.3). Каждая из линейных решёток, которой подключена через мультиплексор к отдельному каналу АЦП. Линейная решётка содержит 16 электретных микрофонов, размещённых с шагом $d=6$ см, подключенных к блоку мультиплексирования и усиления. На каждый электретный микрофон EM9767 подается смещающее напряжение через отдельный резистор. Выход отдельного микрофона подключен через конденсатор к мультиплексору. Мультиплексоры DG406DJ восьми линейных решеток управляются синхронно бинарными выходами микроконтроллера, а выходы мультиплексоров подключены к 8 отдельным каналам АЦП микроконтроллера. Используется два микроконтроллера STM32F407 для подключения всех 16 линейных решёток. Микроконтроллеры синхронизированы по времени и передают в компьютер оцифрованные сигналы со всех

АЦП и для всех состояний мультиплексоров для отдельного момента времени одним пакетом. Каждый пакет данных сопровождается временная метка, генерируемая собственным таймером микроконтроллера, что позволяет восстановить равномерную временную ось даже при задержках передачи данных.

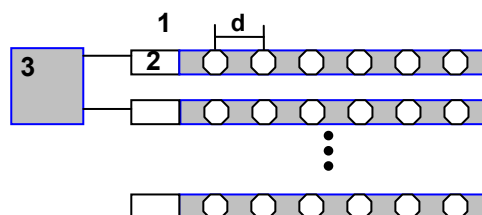


Рис. 3. Схема двумерной решётки микрофонов (1 - решётка микрофонов, 2 – блок мультиплексирования и усиления, 3 - микроконтроллер).

Fig. 3. Scheme of two-dimensional array (1 – microphone array, 2 – multiplexing and amplification unit, 3 – microcontroller)

Частота оцифровки сигнала на выходе каждого микрофона достигает до 6 кГц что должно позволить визуализировать источники звука с полосой частот излучаемого спектра до 3 кГц. Оцифрованные сигналы подвергаются преобразованию Фурье для извлечения комплексных амплитуд поля на различных частотах, которые в дальнейшем обрабатываются методом пространственно- согласованной фильтрации и некогерентной сверхширокополосной обработки.

III. Заключение

На численной модели показана возможность визуализации точечных широкополосных источников звука плоской решёткой из 256 микрофонов. Разработано техническое решение позволяющее производить одновременную оцифровку сигналов с 256 микрофонов посредством мультиплексоров и многоканальных АЦП.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания №3.694.2014/К и программы повышения конкурентоспособности Томского государственного университета.

IV. References

- [1] Yakubov V.P., Shipilov S.E., Sukhanov D.Ya., Klovov A.V. *Radiovolnovaya tomografiya: dostizhenia i perspektivy: monografiya / pod red. V.P. Yakubova* [Radiowave tomography: achievements and perspectives: monograph/ Edited by V.P. Yakubov]. Tomsk, NTL, 2014. 264 c.
- [2] Sukhanov D. Ya., Kalashnikova M. A. Remote Ultrasonic Defectoscopy of Sound Radiating Objects through the Air. *Acoustical Physics*, 2014, vol. 60, No 3, pp. 304–308.
- [3] Sukhanov D. Ya., Yezakova N.N. Vosstanovlenie izobrazheniy zvukoizluchayushih objectov po mnogopozitsionnym shirokopolosnym distancionnym izmereniam zvukovogo polya [Reconstruction of sound sources using multiposition wide-band remote Measurements of the sound field]. *Izvestia vishih uchebnyh zavedeniy. Fizika*, 2013, vol. 56, No 8/2, pp. 57-61.
- [4] Stepanishen P.R., and Benjamin K.S. Forward and backward projection of acoustic fields using FFT methods. – *J. Acoust. Soc. Am.*, 1982, v. 71, pp. 803–812.