

**МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ ИЗ  
СМЕСИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ В  
ПРОСТРАНСТВЕ МИКРОФОННЫХ МАССИВОВ**

*Миронов Никита Андреевич*

Преподаватель кафедры математики, информатики  
и информационных технологий  
Нижегородская академия МВД России

В настоящее время для выделения голоса человека из акустического шума используются микрофонные решетки, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с одноканальными системами [1]. Микрофонный массив из  $N$  микрофонов позволяет получить выигрыш в отношении сигнал/помеха не менее чем в  $N$  раз. Но по мере удаления источника звука от микрофонного массива точность его локализации будет падать за счет затухания звуковой волны. Эффективность локализации источника, а также эффективность выделения речи целевого диктора, может быть повышена за счет использования одновременно нескольких микрофонных решеток, распределенных в пространстве. В литературе такие распределенные системы получили название «acoustic sensor network» [2]. Эффективность использования таких систем определяется значительным увеличением вероятности того, что один из микрофонов будет находиться ближе к полезному источнику. Наибольшее распространение такие системы получили при использовании на больших пространствах, когда требуется извлечь информацию из любой точки пространства наблюдения. Решаемые такими системами задачи различны: локализация источника, выделение голоса определенного человека, разделение акустических источников, определение траектории перемещений дикторов, определение направленности акустического источника и др.

В исследовании [3] показано, что можно получить надежную систему локализации звука, использующую несколько микрофонных массивов. Экспериментальные результаты с использованием этого подхода показали уменьшение средней ошибки локализации источника до 8 см. Результаты получены для десяти двух-элементных решеток при 0 дБ. Геометрия массива приведена на рисунке 1.

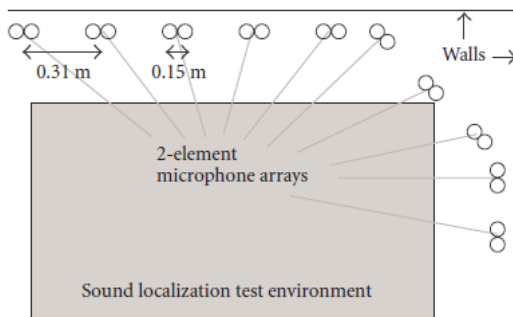


Рис. 1

В работе [4] проведен анализ производительности двухступенчатого процесса локализации в двумерном пространстве на основе измерений разницы времени прихода сигналов на микрофон. Оптимальное решение получается при обработке данных, полученных с распределенных в пространстве микрофонов, центральным узлом. Исследования проведены для массивов из 24 микрофонов, разделенных по 6 микрофонов на 4 микрофонные решетки, располагаемых в одной плоскости на окружности в 4 разных секторах. Источник находился в центре окружности. Показано, что оптимальная точность локализации достигается, когда микрофоны равномерно распределены вокруг источника.

Многоканальный фильтр Винера используется в акустических приложениях для улучшения качества речевого сообщения за счет уменьшения энергии интерференции. Шумоподавление основано на оценке требуемой составляющей сигнала в одном из микрофонов, определяемого эталонным. В работе [5] в помещении объемом  $7,5 \times 5 \times 3,5$  м<sup>3</sup> и временем реверберации в 400 мс было исследовано влияние выбора эталонного микрофона на производительность алгоритма для разных положений одного источника речи относительно распределенной решетки из 6 микрофонов (по 3 микрофона на двух смежных стенах).

Для одиночной микрофонной решетки предполагается, что речевая активность полезного сигнала и сигналов помех является общей для всех микрофонов близко расположенных друг к другу. Однако это предположение может быть нарушено для распределенных микрофонных решеток, когда речевая активность на одном микрофонном массиве может значительно отличаться от активности на других массивах, за счет пространственного положения. В исследовании [6] имитируется разделение речи каждого человека в двух отдельных группах с участием трех и двух человек соответственно (рисунок 2). Микрофоны располагались на окружностях радиуса 10 см и затем были удалены от центра на 50 см.

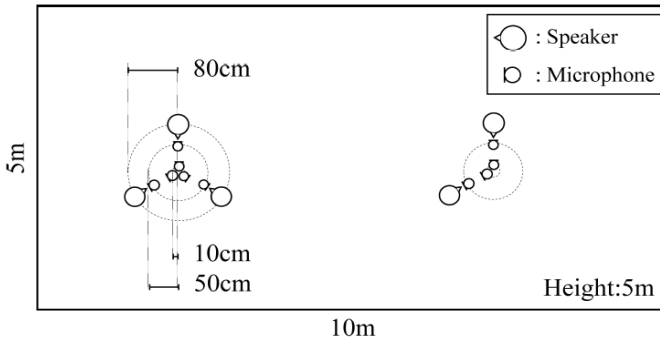


Рис. 2

С помощью нескольких массивов микрофонов предложено решение задачи для отслеживания перемещений нескольких дикторов [7]. Описан подход для одновременного определения координат движения нескольких дикторов. Апробация результатов моделирования движущихся источников проводилась в ревербирующем конференц-зале объемом  $3,7 \times 6,8 \times 2,6$  м<sup>3</sup>. Сигналы от круглых микрофонных решеток с 5 микрофонами и радиусом 5 см, регистрировались с частотой 48 кГц. Доказана способность точно отслеживать статические и движущиеся источники. При использовании не менее трех массивов микрофонов, распределенных в пространстве, получена точность, допустимая для практического применения системы.

Современные исследования связаны с применением распределенных микрофонных систем с большой апертурой. В работе [8] описывается реализация трехмерного массива из 256 микрофонов, которые расположены на стенах и потолке исследуемого

пространства для оценки диаграммы направленности источников звука в реверберационных средах (рисунок 3).

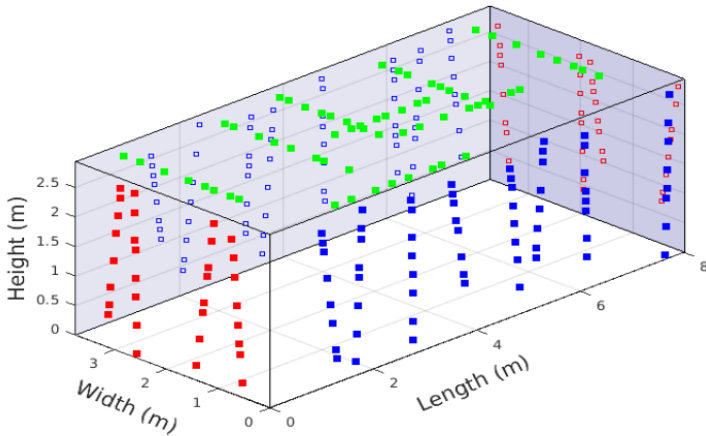


Рис. 3

Геометрия микрофонных массивов крайне разнообразна из-за многообразия задач, решаемых с помощью таких систем. Проведенный обзор показывает, что для локализации акустического источника и выделения полезного сигнала применение распределенных в пространстве микрофонных массивов является крайне актуальным.

- [1] Столбов М.Б. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. Т. 15, № 4. С. 661.
- [2] Haykin S., Liu K.J.R. Handbook on array processing and sensor networks. – IEEE Press: Wiley, 2009, 924 p.
- [3] Aarabi P. // EURASIP Journal on Applied Signal Processing. 2003. V.4. P. 338.
- [4] Prandi G., Valenzise G., Tagliasacchi M. (Eds.) // IEEE European Signal Processing Conference, 2008. P. 1.
- [5] Lawin-Ore C., Doclo S. // ITG Symposium on Speech Communication. 2012. P. 31.
- [6] Kenoshita, K. Blind source separation using spatially distributed microphones based on microphone-location dependent source activities // Interspeech. 2013. P. 822.
- [7] Plinge A, Flink G.A. // IEEE ICASSP. 2014.
- [8] Demontis H., Olivier F., Marchal J. 3D Identification of Acoustic Sources in Rooms Using a Large-Scale Microphone Array // IEEE IWAENC. 2018. P. 506