

Микрофонная решетка с адаптивным диаграммообразованием

Обучающийся:

Усиков Д.А.

Руководитель: д. ф.-м. н, доц.

Аверина Л.И.

Цель:

Выделение речи целевого диктора в помеховой обстановке

Задачи:

- 1) смоделировать приём полезного сигнала и помехи для микрофонной решетки
- 2) изучить различные виды адаптивных формирователей луча
- 3) осуществить выделение речи целевого диктора из принятой акустической смеси
- 4) сравнить адаптивные алгоритмы между собой по основным параметрам
- 5) проанализировать работу микрофонной решетки при отклонении её элементов от исходного положения

Применение



Система «Бумеранг»



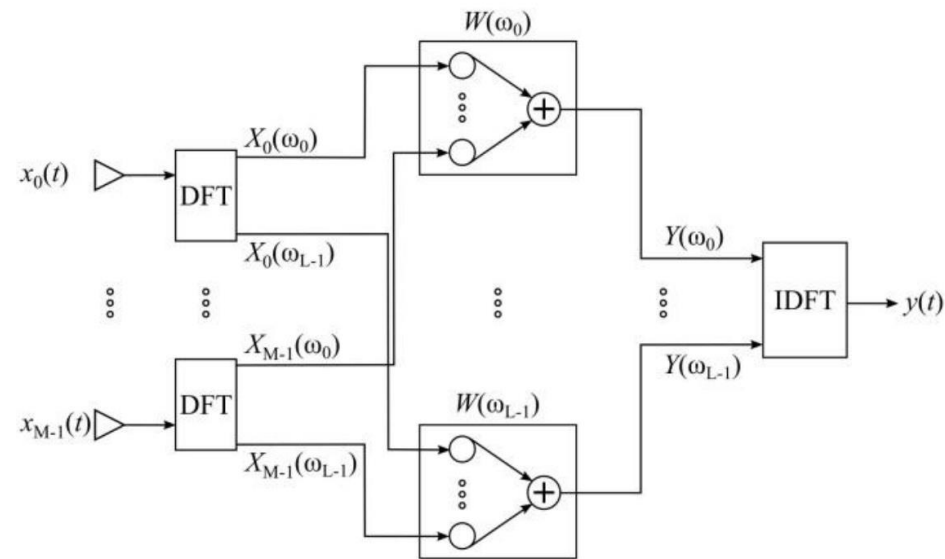
Система «SENTRI»



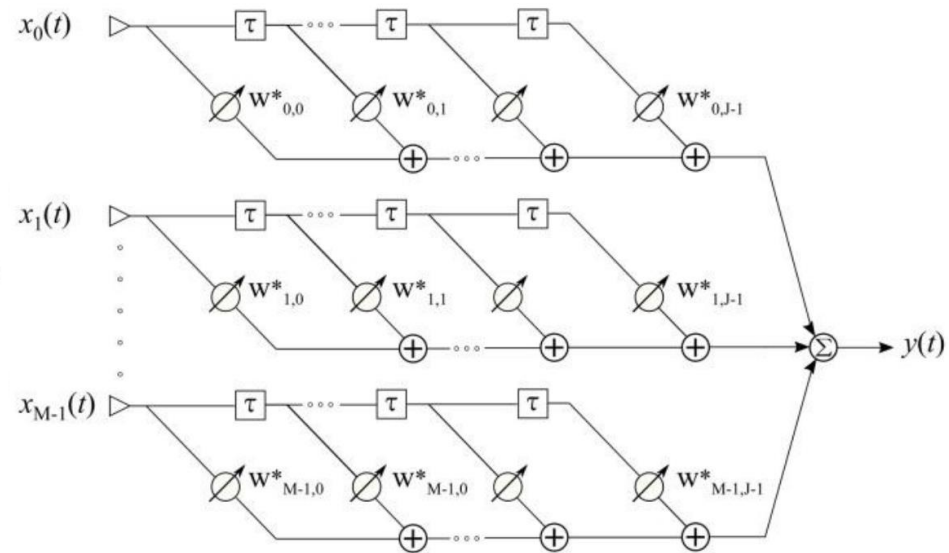
Микрофонная решетка для
объёмной записи звука

Формирователи луча

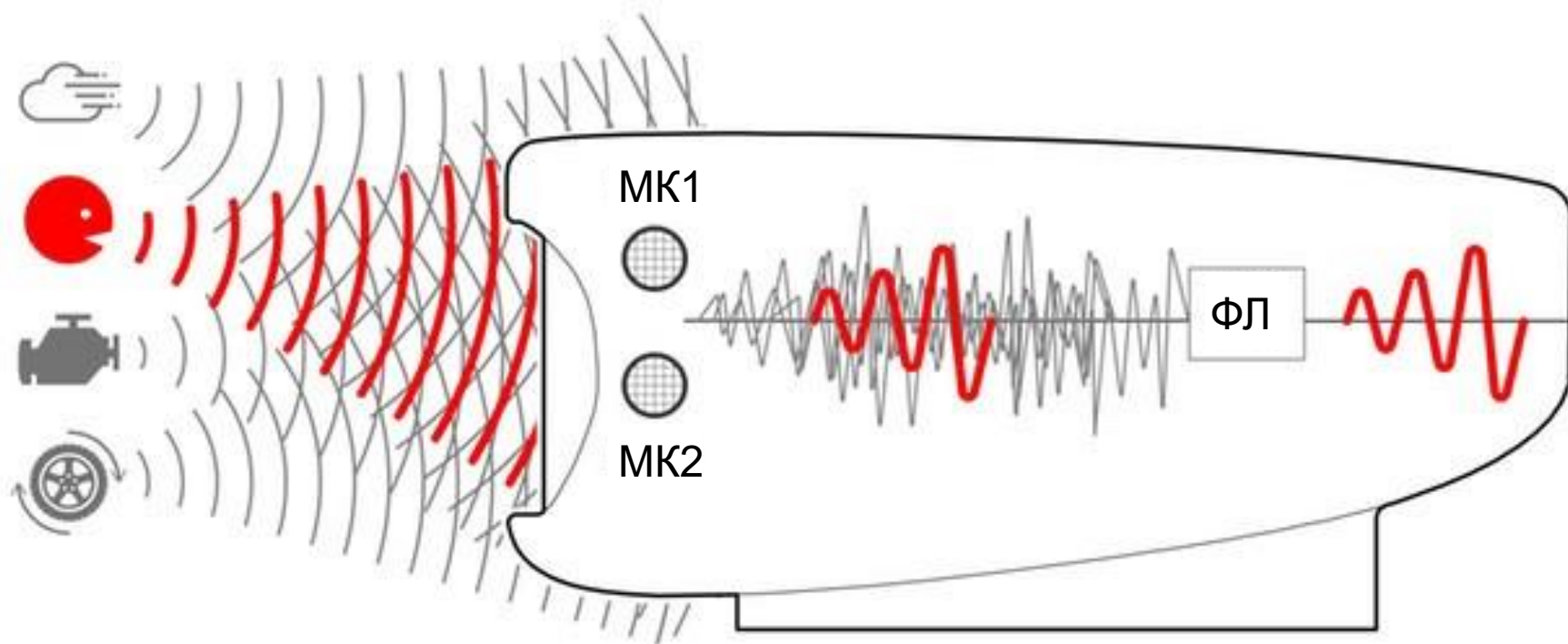
Частотный формирователь луча



Временной формирователь луча

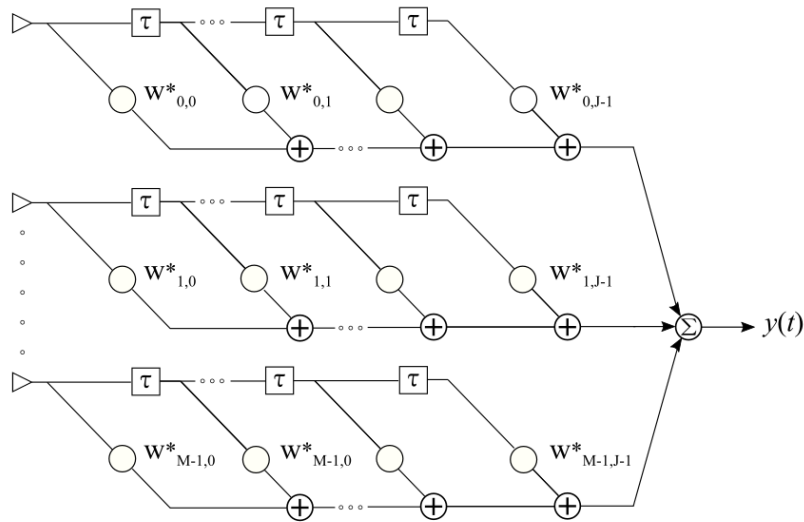


Пространственная фильтрация

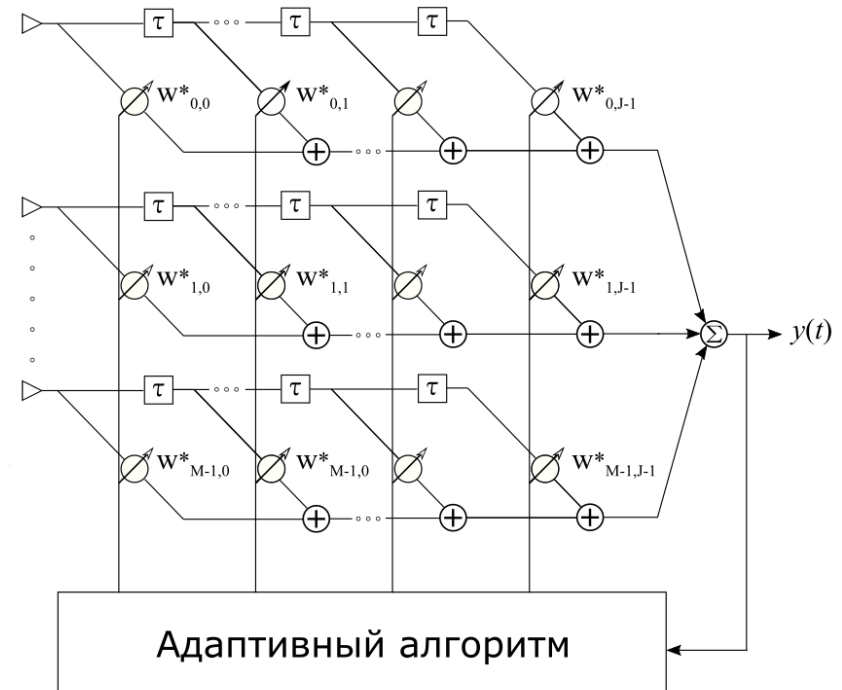


Подходы пространственной фильтрации

Data-independent



Statically-optimum



Линейно ограниченные ФЛ

Минимизация MSE-функции
с линейными ограничениями

$$\begin{cases} \min_{\mathbf{w}} (\mathbf{w}_{M \cdot J}^H \mathbf{R}_{M \cdot J} \mathbf{w}_{M \cdot J}) \\ \mathbf{C}_{M \cdot J, J}^H \mathbf{w}_{M \cdot J} = \mathbf{f}_J \end{cases}$$

LC NLMS

Минимизация LS-функции
с линейными ограничениями

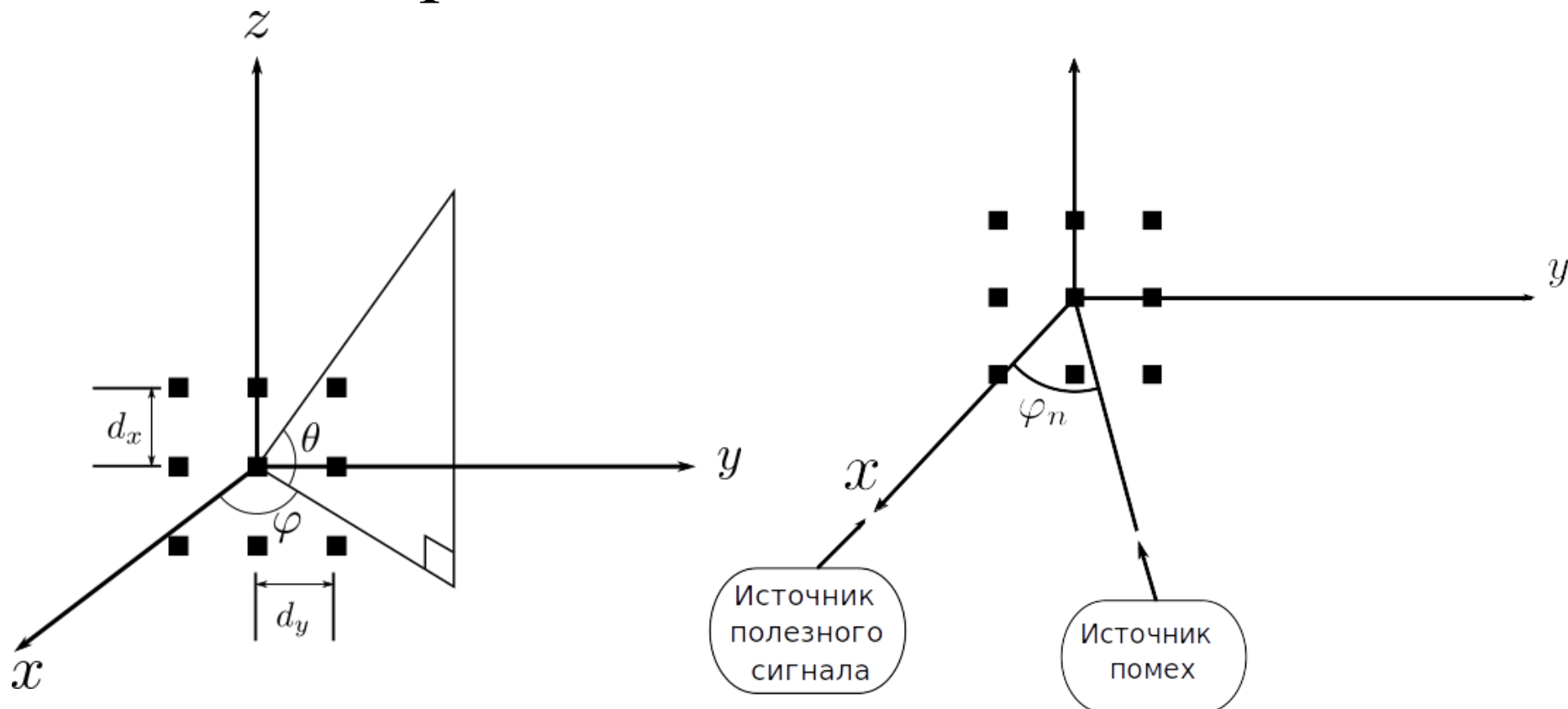
$$\begin{cases} \min_{\mathbf{w}} \sum_{i=0}^k \mathbf{w}_{M \cdot J}^H \mathbf{x}_{M \cdot J}(i) \mathbf{x}_{M \cdot J}^H(i) \mathbf{w}_{M \cdot J} \\ \mathbf{C}_{M \cdot J, J}^H \mathbf{w}_{M \cdot J} = \mathbf{f}_J \end{cases}$$

LC RLS

LC NLMS – Линейно ограниченный нормализованный алгоритм
наименьшего среднего квадрата

LC RLS – Линейно ограниченный рекурсивный алгоритм наименьших
квадратов

Моделирование. Постановка задачи.



φ — угол азимута

θ — угол подъёма

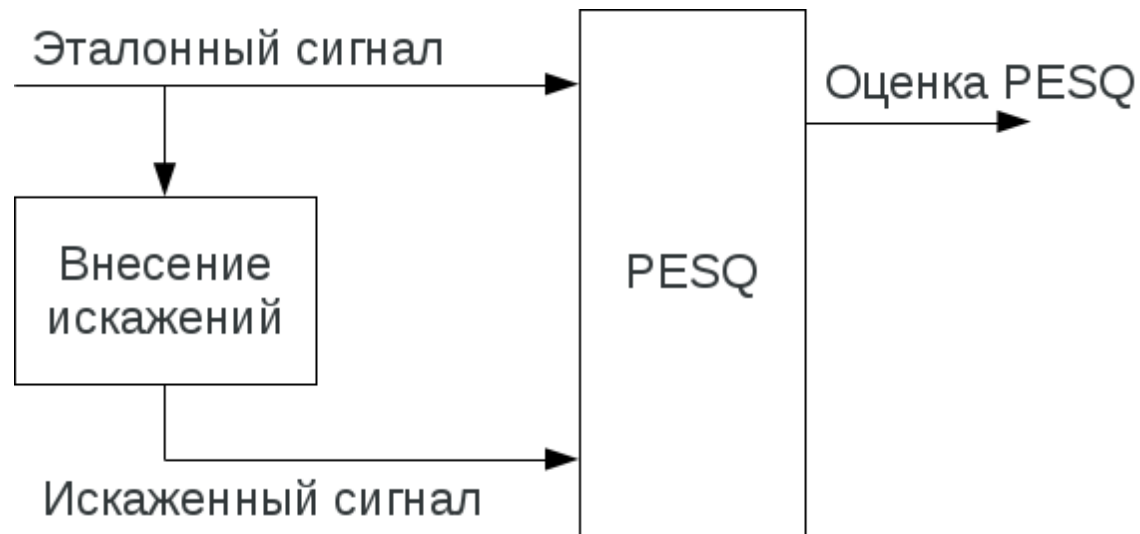
d_n — расстояние между элементами МР

$\varphi_n = 50^\circ \quad \theta = 0^\circ$

$\varphi_0 = 0^\circ \quad \theta = 0^\circ$

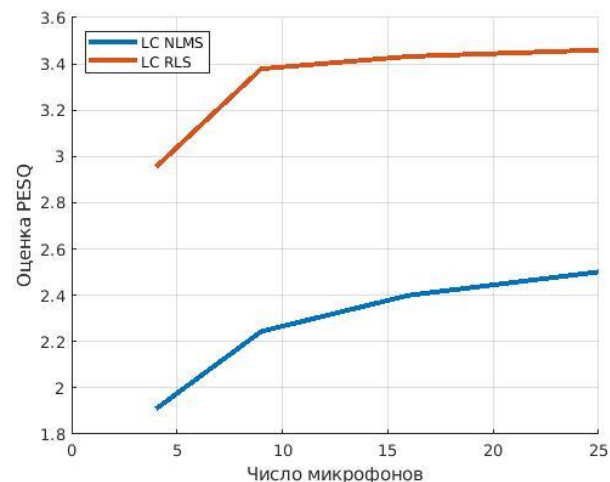
$d_x = d_y = 4 \text{ см}$

Perceptual Evaluation of Speech Quality (PESQ)

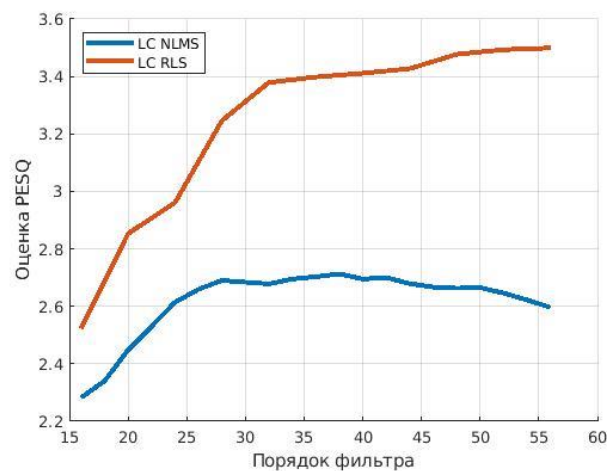


Анализ алгоритмов LC NLMS и LC RLS

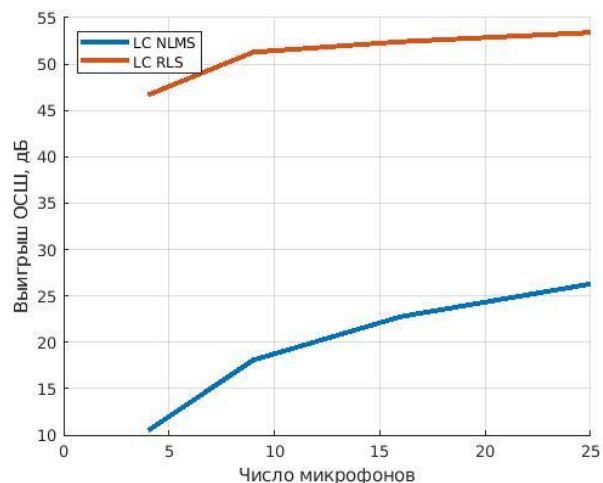
Оценка PESQ от числа микрофонов



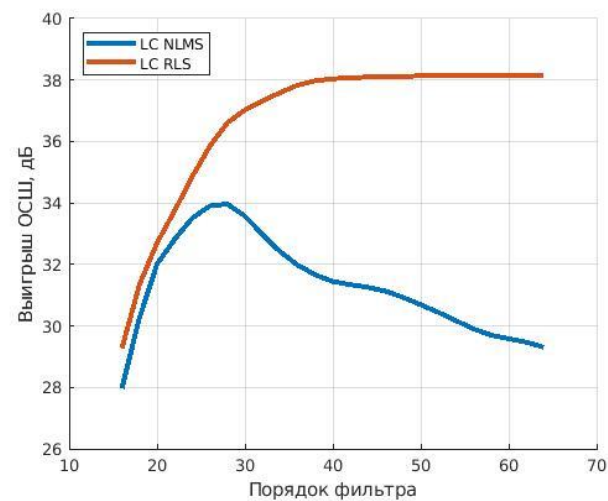
Оценка PESQ от порядка фильтра



Выигрыш в ОСШ от числа микрофонов

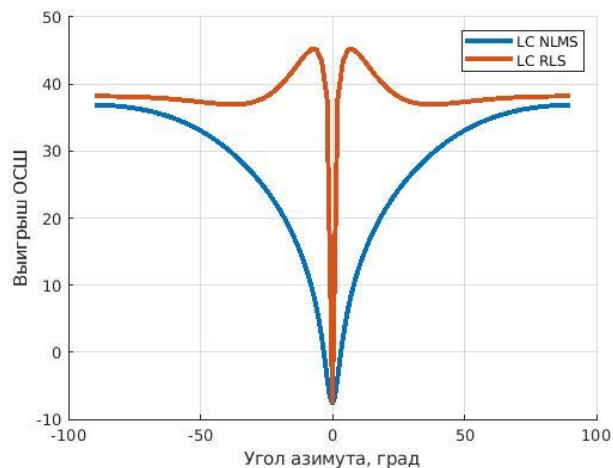


Выигрыш в ОСШ от порядка фильтра

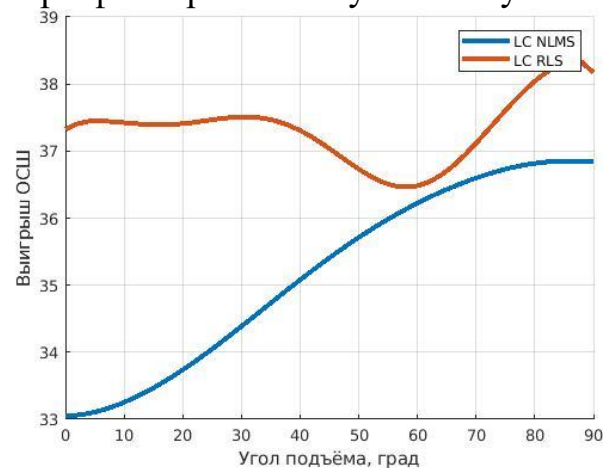


Анализ алгоритмов LC NLMS и LC RLS

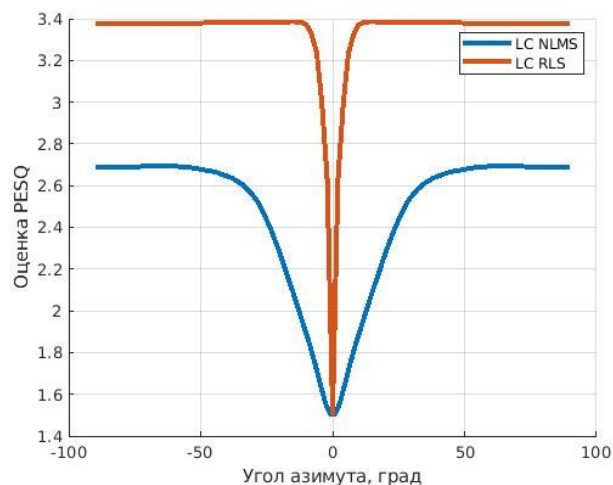
Зависимость выигрыш ОСШ от угла азимута
при фиксированном угле подъёма



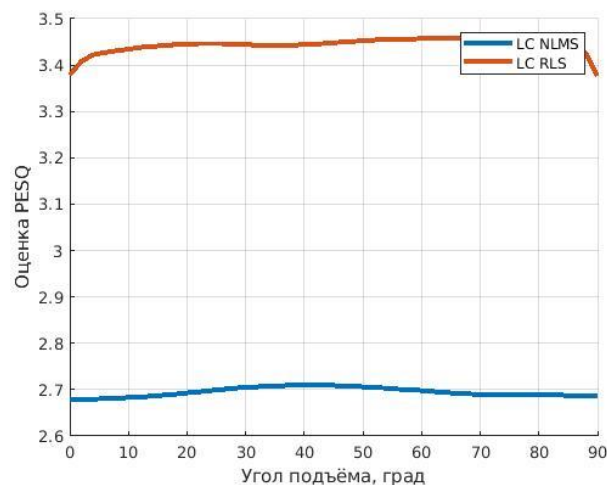
Зависимость выигрыш ОСШ от угла подъёма
при фиксированном угле азимута



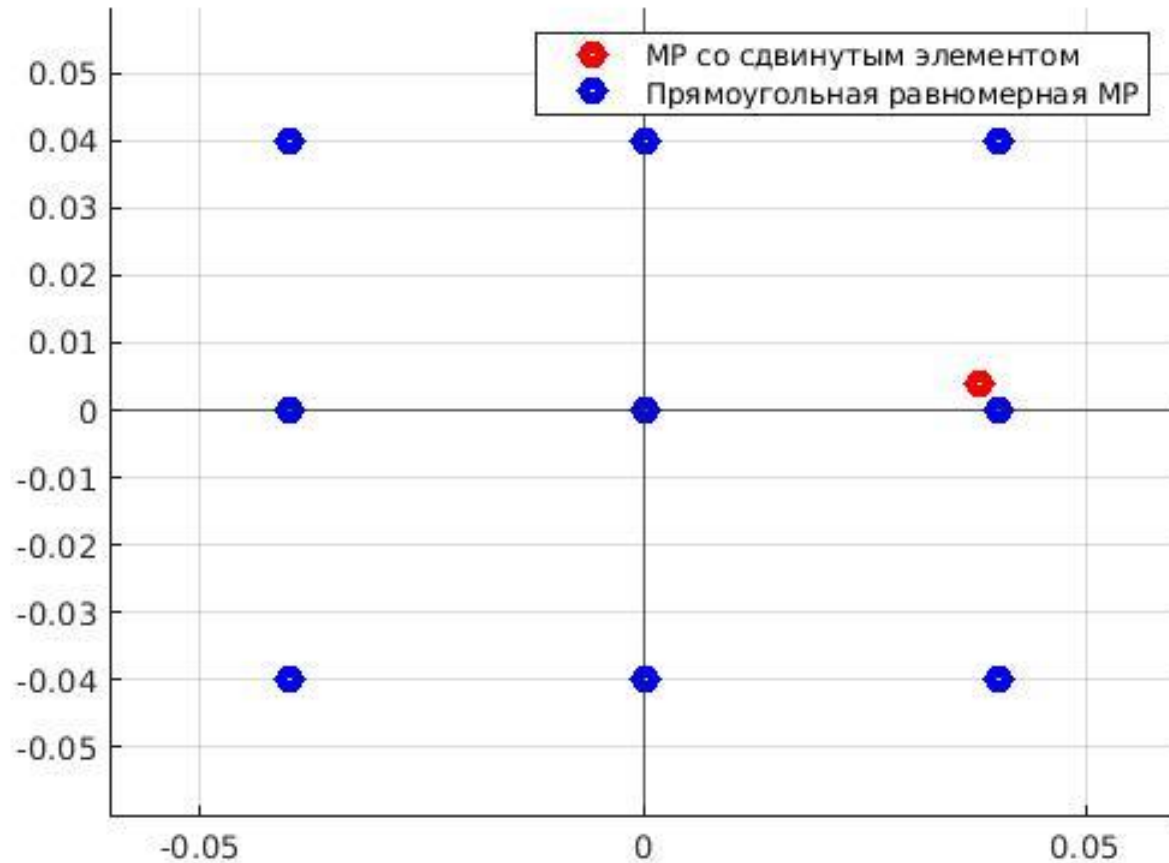
Зависимость оценки PESQ от угла азимута
при фиксированном угле подъёма



Зависимость оценки PESQ от угла подъёма
при фиксированном угле азимута

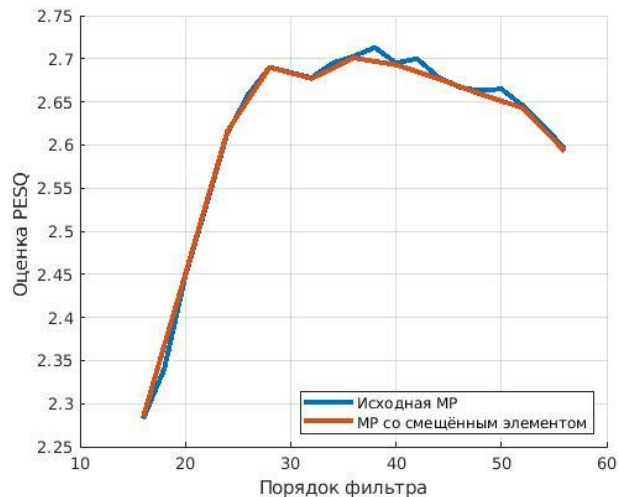


Эффективность работы микрофонной решетки при отклонении её элементов

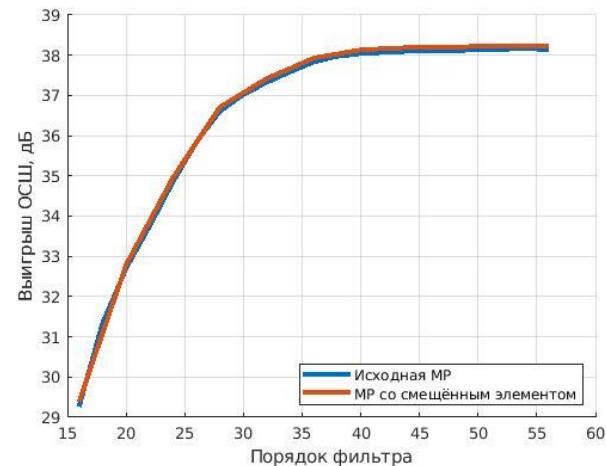
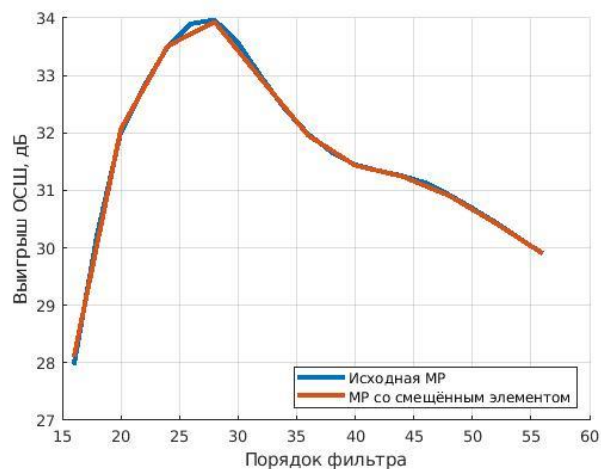
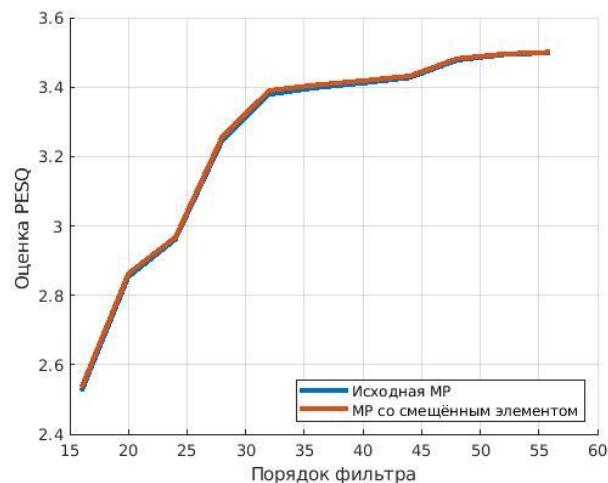


Эффективность работы микрофонной решетки при отклонении её элементов

LC NLMS



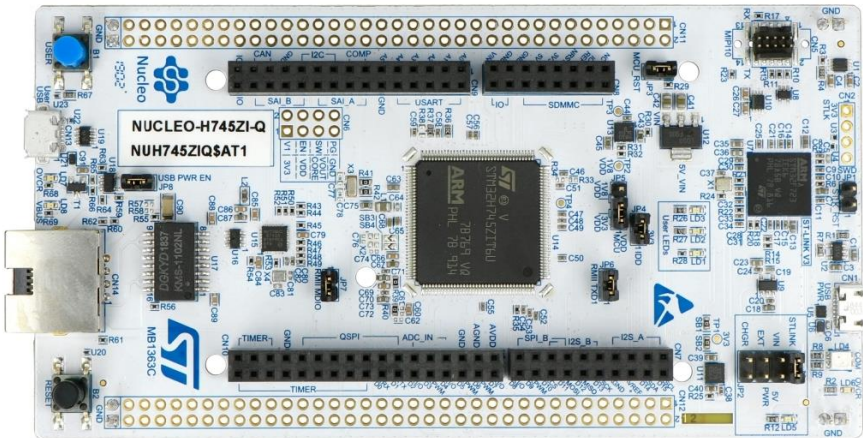
LC RLS



Аппаратная реализация микрофонной решетки

14

Микроконтроллер STM32H745ZI на отладочной плате NUCLEO-H745ZI-Q.

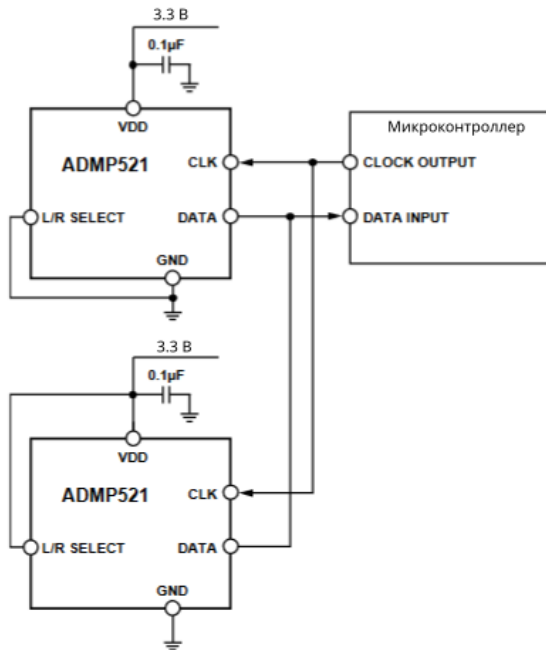


Микрофонная решетка



Микрофонные элементы

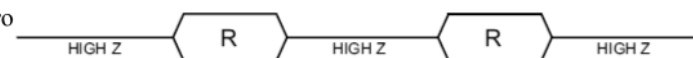
Схема подключения пары микрофонов к микроконтроллеру Временная диаграмма сигналов с двух микрофонов



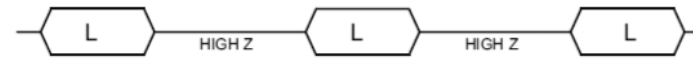
Тактирование



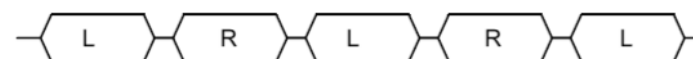
Данные с правого микрофона



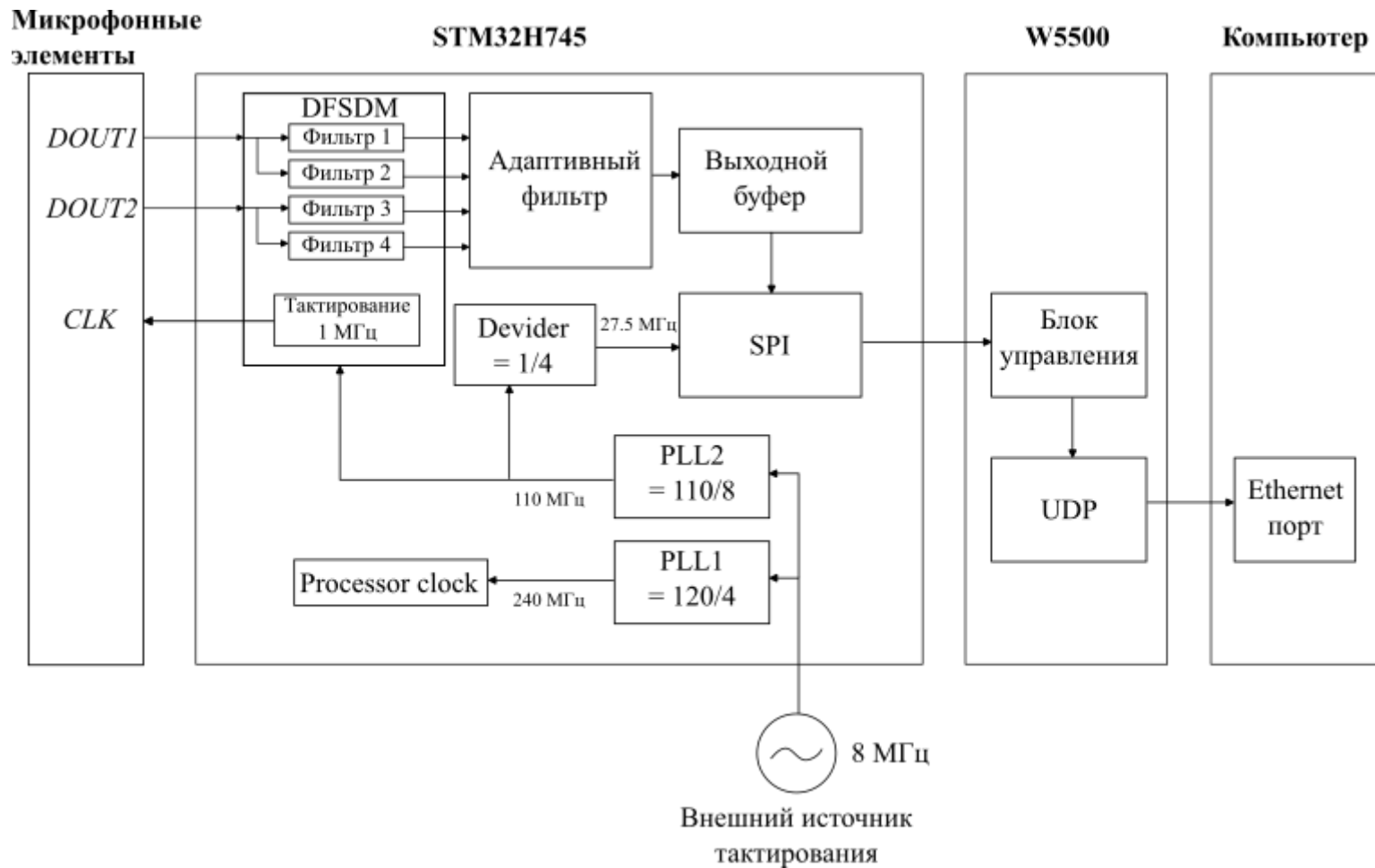
Данные с левого микрофона



Объединенные данные с двух микрофонов



Структурная схема МР



Временные реализации

Основные результаты работы

- Рассмотрены принципы пространственной фильтрации и методы формирования луча
- Освоены линейно ограниченные адаптивные алгоритмы пространственной фильтрации
- Построены зависимости выигрыша в ОСШ и оценка PESQ от числа микрофонов и порядка фильтра
- Установлено, что при увеличении значения порядка фильтра выше определённого в LC RLS алгоритме, не происходит значительное увеличение выигрыша ОСШ и оценки PESQ
- Установлено, что работа адаптивных формирователей луча в быстро изменяющейся помеховой обстановки не приводит к заметному ухудшению качества фильтрации
- При отклонении элемента МР от исходной позиции, не наблюдается изменения в работе адаптивного формирователя луча.

Спасибо за внимание

$$X_{shifted}(m) = e^{\frac{-j2\pi}{N}nm} X(m) \quad (1)$$