

## СИСТЕМА УЛУЧШЕНИЯ ВОСПРИЯТИЯ И РАЗБОРЧИВОСТИ АУДИО СИГНАЛА В АГРЕССИВНОЙ ШУМОВОЙ СРЕДЕ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Белый В. Л.

Петровский А. А. – д-р. техн. наук, профессор

В современных системах улучшения восприятия и разборчивости аудио сигнала в агрессивной шумовой среде и в системах шумоподавления отдельную нишу занимают приложения, предназначенные для мобильных и портативных устройств, предполагающих использования наушников.

Универсальная система улучшения восприятия и разборчивости аудио сигнала требует достижения высокого уровня шумоподавления для шумов различной природы, различного уровня и различного частотного состава. Исходя из данных требований было принято решения разработать систему шумоподавления, представляющую собой двухканальную интеграцию субполосного аудио интегрированного алгоритма активного шумоподавления (ActiveNoiseControl – ANC) с маскированием, основанным на принципах психоакустического анализа.

На рисунках 1 и 2 приведены выбранные структуры субполосного аудио интегрированного алгоритма активного шумоподавления (ANC) и модели расчета коэффициентов усиления маскиера, базирующейся на принципах психоакустики:

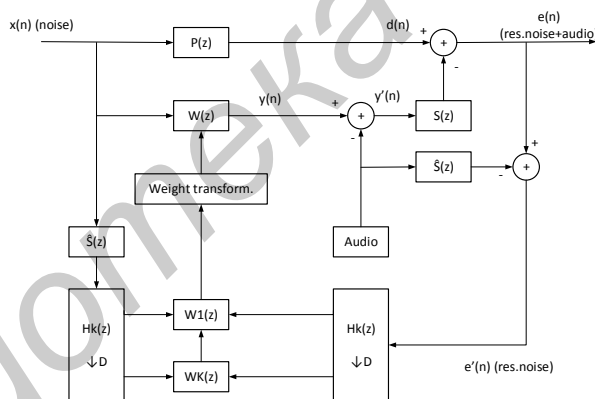


Рис. 1. Структурная схема ANC

Работу субполосного аудио интегрированного алгоритма активного шумоподавления (ANC) можно представить следубщими формулами:

$$y_n = \sum_{n=0}^{N-1} w_n x(n-N)$$

$$y'_n = y_n - a(n)$$

$$e_n = d_n - y'_n s'(n)$$

$$e'_n = e_n - a'(n)$$

Где,  $a(n)$  – целевой аудио сигнал;  $y'_n s'(n)$  –  $y'_n$  после прохождения вторичного пути;  $a'(n)$  –  $a(n)$  после прожеля вторичного пути,  $N$  – порядок широкополосного адаптивного фильтра;

В качестве алгоритма адаптации коэффициентов субполосных фильтров использовался алгоритм FxLMS:

$$w_k(n+1) = w_k(n) + \mu \frac{X_n e(n)}{\epsilon + X(n)^2}$$

$w_k(n)$  – коэффициенты адаптивного фильтра  $k$  – субполосы;  $K$  – кол-во субполос;  $\epsilon$  – небольшая константа для предотвращения деления на нуль,  $\mu$  – шаг приращения;  $X(n) = [x(n) \ x(n-1) \ x(n-2) \ \dots \ x(n-N+1)]$ ;

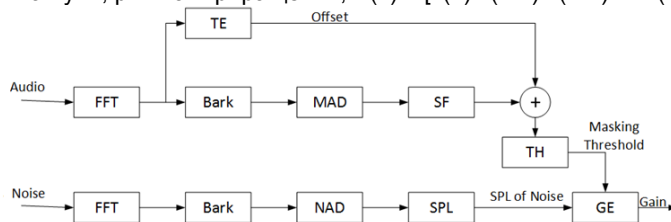


Рис. 2. Структурная схема психоакустической части

Основное преимущество интеграции данных алгоритмов заключается в двухэтапной обработке, которая позволяет достичь более высокой степени подавления шума окружающей среды. Алгоритм ANC является первым этапом обработки, на этап психоакустического маскирования приходится только остаточный и высокочастотный шум, т.к. алгоритм ANC имеет высокую эффективность в полосе частот до 1500 Гц. В качестве маскиера на этапе психоакустического маскирования выступает целевой аудио сигнал, поскольку маскируется только остаточный шум, уровень которого предполагается достаточно низким, достигается небольшая вероятность того, что сигнал маскиера будет усилен до критически опасного для человеческой слуховой системы уровня.

Структура двухканальной интеграции субполосного аудио интегрированного алгоритма активного шумоподавления с маскированием на основе психоакустического анализа представлена на рисунке 3:

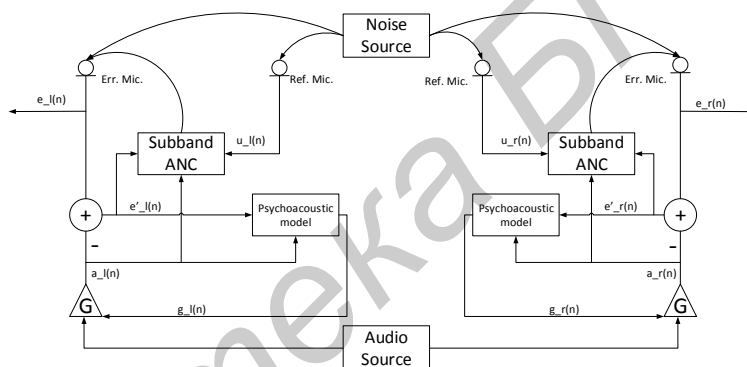


Рис. 3. Структурная схема модели интеграции

Независимая параллельная обработка двух каналов позволяет добиться более точной обработки шумовых сигналов, в независимости от их расположения относительно входов двух каналов. Для проведения тестирования предложенной модели интеграции использовался программный пакет MatLab. В ходе тестирования использовались актуальные первичный и вторичный путь наушников, оценка которых производилась в лабораторных условиях с использованием макета человека и человеческой слуховой системы DummyHead.

Таким образом, была разработана математическая модель улучшения восприимчивости и разборчивости аудио сигналов в агрессивной шумовой среде. Для построения модели использовалась идея интеграции субполосного аудио интегрированного алгоритма активного шумоподавления (ANC) и маскирования, основанного на принципах психоакустики. Предложенный двухэтапный вариант обработки шумового сигнала позволяет достичь более высокого уровня шумоподавления, что является главным преимуществом рассмотренной интеграционной системы.

Список использованных источников:

1. Конг-Аик Ли. Субполосная адаптивная фильтрация, теория и применение/ Конг-Аик Ли, Вун-Сенг Ган, Сен М. Куо. // – JohnWileyandSons,Ltd, 2009. – 324 с.
2. Петровский, А. А. Цифровые банки фильтров: анализ, синтез и применение в мультимедиа системах / А. А. Петровский, М. Парфенюк, А. Борович, М.З. Лившиц // Уч. метод. пособие для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования по специальности "Электронные вычислительные средства". – Минск, 2006. –81 с.
3. Bjamason, E. Analysis of filtered-X LMS algorithm. / Bjamason E. // - IEEE Trans. Speech audio Process., 3(6), 1995, 504-514.
4. Davari, P. Designing a new robust on-line secondary path modeling technique for feedforward active noise control systems/ Davari P, Hassanpour H. // - Signal processing, 89(6), 2009, 1195 – 1204.
5. Rees, L. Psychoacoustic modelling for active noise control system/ Rees L., Elliot S.J.// - Proc. Inst. Acoust., 26(pt.2), 2004.