

УДК 600.608

АНАЛИЗ ЗАДАЧ И МЕТОДОВ АКТИВНОГО ШУМОПОДАВЛЕНИЯ

Добшин И.Ю.,

Донецкий национальный технический университет

Введение

Что такое шум и почему его нужно подавлять?

Шум - комплекс звуков, который вызывает неприятное ощущение или болезненные реакции. Шум - одна из форм физической среды жизни.

На разных людей шум влияет по-разному, это может зависеть от разных факторов, таких как слуховой чувствительность человека, продолжительности действия шума [5].

Шум мешает нормальному отдыху, восстановлению сил, вызывает заболевания органов слуха, содействует увеличению числа других заболеваний плохо действует на психику человека.

Но несмотря на все отрицательное воздействие, в последнее время шум все больше входит в нашу жизнь: на предприятии, на улицах, дома. Все меньше мест остается, где на самом деле можно побыть в тишине.

Уровень шума в 20-30 децибел (дБ) практически безвредный для человека. Это естественный шумовой фон, без которого невозможна человеческая жизнь. Звук в 130 децибел (эквивалент работы реактивного двигателя самолета) уже вызывает у человека болевое ощущение, а в 150 - становится для него невыносимым. Звук в 180 децибел вызывает усталость металла, а при 190 вырываются заклепки из конструкций [3].

Актуальность

Проблема подавления шумов решается двумя методами:

активным и пассивным. Пассивные методы заключаются в установке пассивных препятствий для прохождения звуковой волны, такие как: выращивание деревьев, рядом с дорогой, установка окон с шумоподавлением, обивка стен звукопоглощающими материалами и т.п. такие методы могут быть достаточно эффективными в некоторых случаях, например, когда источник шума и человек находится в разных акустических средах - шум с улицы хорошо заглушается с помощью пластиковых окон.

В отличие от пассивных методов шумоподавления, активные методы работают по схеме: измерение шум (неприятный звук), обработка, выдача на систему воспроизведения, в результате чего шум складывается с инвертированным шумом и происходит его подавление. В зависимости от характеристик шума, его интенсивности, расположения источников шумоподавления, процент подавления шума, при таком подходе меняется. Активные системы шумоподавления главным образом характеризуются мобильностью, настраиваемостью, простотой установки, в сравнении с пассивными системами. Преимущество активных систем также заключается в том, что они способны подавлять шум в той же среде, в которой находится человек, например, подавить шум работающего рядом системного блока. Поэтому актуальность построения и использования таких систем со временем растёт.

Решения в мире

В настоящее время существуют разные системы подавления шумов, например, британский инженер из Университета Хадерсфилд – Селвин Райт разработал «Машину тишины» (Silence Machine), которая с помощью микрофонов улавливает и анализирует шум, после обработки подает на динамики, в результате чего шум компенсируется. В автомобилях премиум класса, такие фирмы как Toyota, Honda устанавливают системы, которые глушат шум двигателя машины.

Есть попытки использования таких систем в больших аэропортах, где для того, чтобы в помещении аэропорта не было слышно громких двигателей самолетов, устанавливают системы

шумоподавления, которые способны приглушить гул самолета, который движется непосредственно возле помещения.

Еще одна область, где появились системы шумоподавления - наушники. Это активные наушники, в которые встроены микрофоны, и звук в наушниках смешивается с инвертированным звуком окружающей среды, компенсируя его. Также такие системы встраиваются и в современные телефоны, Bluetooth гарнитуры и т.п.

Методы активного шумоподавления достаточно разные и используют различную аппаратную базу, но большей частью многие из них используют похожие алгоритмы, которые основываются на инверсии сигнала.

Современные системы подавления шумов используют два основных принципа, применение которых зависит от источника шума, и препятствий, которые он проходит. Самый распространенный принцип - это с помощью акустической анти-волны, которая подавляет шум, с которым складывается. Второй, более трудный метод в плане реализации аппаратной части - с помощью вибрации, такой метод недавно нашел свое применение в таких системах, как системы «Активного шумоподавления в системах кондиционирования жилых и промышленных помещений», которые уже используются в некоторых местах, и также в этом направлении начались разработки стекла, которые будут вибрировать в противофазе шуму улицы, за это отвечает процессор, который принимает, обрабатывает и выдает информацию.

В настоящее время появляется все больше систем, которые способны глушить шум, этим системам присущи положительные и отрицательные качества, различные области применения. Но все эти системы сейчас малодоступны каждому из-за их стоимости, поэтому необходимы системы и алгоритмы, которые будут подавлять шум в быту с помощью техники, которая сейчас доступная практически везде - компьютер, микрофон, колонки.

Физическое представление звука

Звуковой сигнал по природе формируется путем перехода сгустка и разрежения воздуха. Простая механическая модель перемещения звука в пространстве показана на рис. 1 [1].

На рисунке показана простая модель физического перемещения звуковых волн в пространстве, как например воздуха. Она рассматривается на примере шаров гольфа, которые соединяются вместе при помощи пружин. Шар гольфа представляют массы молекул в реальном материале, а пружина представляет межмолекулярные силы между ними. Если шар гольфа, в конце концов, толкается в направлении остальных шаров, тогда пружина, которая связывает его со следующим шаром, будет сокращена и будет толкать другие шары [1].

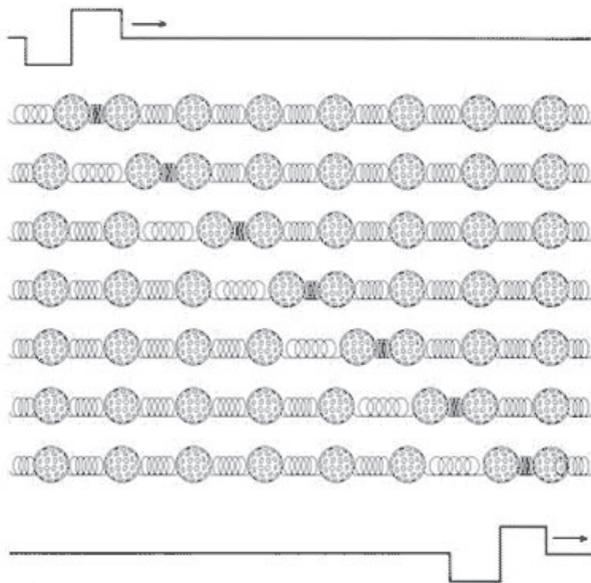


Рисунок 1 – Механическая модель перемещения звука в пространстве

Анализ методов цифровой обработки цифровых сигналов и методов активного шумоподавления

Сегодня в каждом компьютере есть звуковая карта, с помощью которой звук вводится в компьютер и выводится из него.

Каждая звуковая карта состоит из двух основных компонентов: АЦП (аналогово-цифровой преобразователь) и ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь). С помощью АЦП, звуковые сигналы, снимаемые микрофоном или другим устройством, оцифровываются и представлены в виде дискретных отсчетов, которые потом могут быть считаны и обработаны. ЦАП необходим для обратного преобразования. Дискретные отсчеты, которые поступают на звуковую карту, преобразовываются в аналоговый сигнал, который потом поступает на усилители и на динамики. Также кроме основных компонентов звуковая карта содержит вспомогательные устройства, что дают возможность разработчику

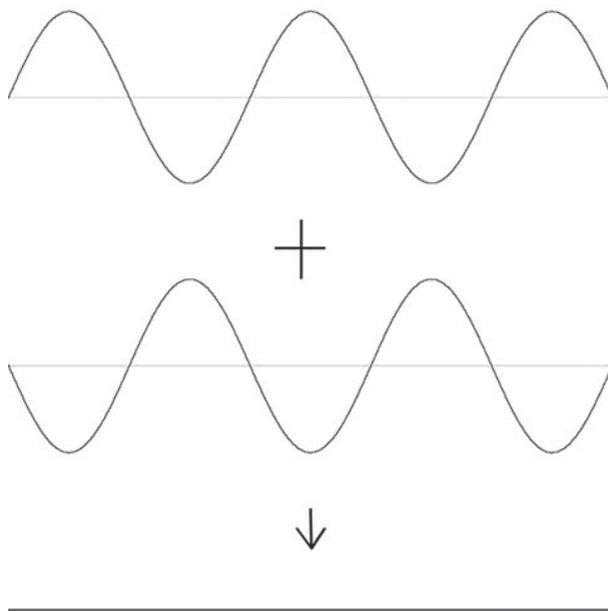


Рисунок 2 – Принцип работы алгоритмов шумоподавления

пользоваться ею в полном объеме [2].

Согласно теореме Котельникова частота дискретизации должна быть выбрана вдвое больше максимальной частоты спектра сигнала, тогда аналоговый сигнал, который имеет ограниченный спектр, может быть восстановленный однозначно и без потери данных (дискретных отсчетов) [6].

$$f_{\text{дискр}} > 2 * F_{\text{max}}, \quad (1)$$

де F_{max} – максимальная частота спектра.

После получения последовательности отсчетов происходит их обработка. Для обработки применяется преобразование Фурье, с помощью которой можно получить спектр сигнала, который в дальнейшем подвергнется обработке.

Главным критерием при активном подавлении звука является время обработки сигнала, т.е. сигнал (полученные отсчеты) должны обработаться до прихода следующих отсчетов. Общая схема обработки (подавления звука) выполняется по схеме, показанной на рис. 3.

Алгоритмы подавления звука

Рассмотрим некоторые алгоритмы активного шумоподавления. К самому быстрому алгоритму можно отнести алгоритм инвертирования амплитуды звукового сигнала - этот алгоритм не требует ресурсоемких преобразований Фурье

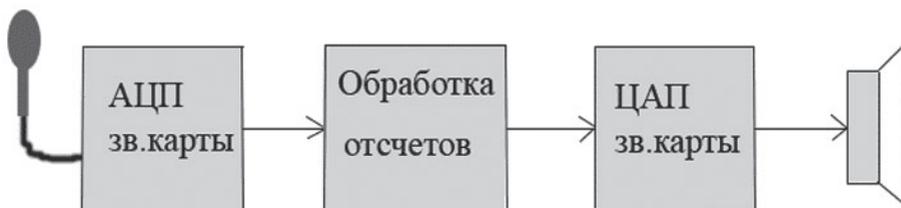


Рисунок 3 – Общая схема подавления звука

(прямого и обратного), а также операций с отдельными частотами. К положительным сторонам алгоритма относится его скорость, недостатком этой схемы является трудность осуществления корректировки сигнала подавления, что сужает круг применения этого сигнала.

Лучшее подавление шума можно сделать на основе адаптивных алгоритмов. В этих алгоритмах подстройка параметров сигнала подавления осуществляется в зависимости от результата снижения уровня шума. В магистерской работе разработаны алгоритмы, которые будут учитывать рассогласования в наложении сигналов, корректировать фазу отдельных частот сигнала таким образом, чтобы шум был максимально подавлен. Рассматриваются два алгоритма: подстройка фазы частот и коррекция их амплитуды.

В первом алгоритме делается акцент на обеспечении точного совпадения звуковых волн, корректируя фазу разных частот. Для ускорения алгоритма применяется фильтрация по частотам (происходит анализ не всех частот, а только тех, амплитуда которых выше заданной, при этом амплитуда остальных частот просто инвертируется).

Второй алгоритм основывается на том, что человек слышит разные частоты с разной интенсивностью [4]. Кривые равной громкости приведены на рис. 4.

Основываясь на этом свойстве слуха человека, частоты, выделяемые из шума, подавляются с разными весовыми коэффициентами.

Заключение

Рассмотренные алгоритмы показали свою работоспособность в подавлении стационарных шумов. Однако для более эффективного подавления шумов требуется проведение дополнительных исследований с целью настройки параметров алгоритмов, учитывающих характеристики аппаратных средств, взаимного

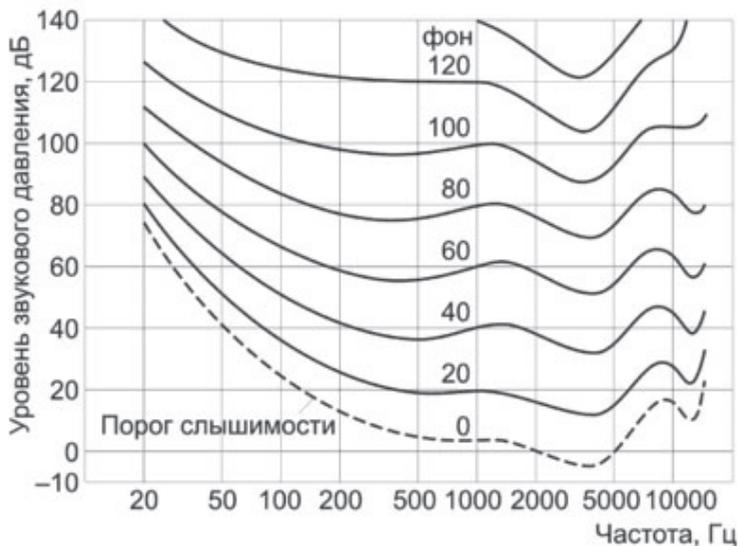


Рисунок 4 – Кривые равной громкости

расположения источников шума, измерительных устройств и источников сигналов подавления.

Литература

- [1] Howard David and Jamie. Acoustics and Psychoacoustics / Jordan Hill 2006 - 411 с.
- [2] Секунов Н.Ю. Обработка звука на РС. Наиболее полное руководство / Петербург 2001 - 1238с.
- [3] Шум [Электронный источник: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Шум>]
- [4] Фон [Электронный источник: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Фон_\(акустика\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Фон_(акустика))]
- [5] Звук [Электронный источник: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Звук>]
- [6] Теорема Котельникова [Электронный источник: http://ru.wikipedia.org/wiki/Теорема_Котельникова]