

Н.П. Козлов

Научный руководитель: ст. преподаватель А.Ю. Проскуряков
 Муромский институт Владимирского государственного университета
 602264, г. Муром Владимирской обл., ул. Орловская, д.23
 E-mail: nikitagalogen@rambler.ru

Адаптивная компенсация эхо-сигналов в замкнутом пространстве

Передаваемые акустическими сигналами данные на практике имеют разную степень качества, что обусловлено их загрязнением, интенсивность искажений возможна вплоть до полной потери информативности полезного сигнала, в точке его фиксации. Это связано с вариативностью акустических помех и трактов связи. Поэтому целесообразно рассматривать комплексно звуковой сигнал, как носитель информации, а также помехи и шума.

Актуальными методами подавления акустических помех и эхо-сигналов, в условиях нестационарности тракта приема (передачи) данных и многолучевого распространения, являются адаптивные фильтры. Адаптивная компенсация применяется в случаях, когда условия фильтрации сигналов являются непостоянными или неизвестными и требуется их постоянная корректировка. В работах [1, 2] была рассмотрена система адаптивной компенсации аддитивных шумов, как основного источника искажения полезного сигнала. Но распространение звука в замкнутом пространстве осложняется множеством препятствий, способствующих как поглощению звуковой волны, так и образованию эхо-сигналов, за счет отражения излученного акустического сигнала от различного рода объектов (стен, пола потолка, мебели), то есть имеется зависимость от среды, на которой производится связь.

Эхо-компенсация представляет собой процесс удаления паразитного эхо-сигнала из полезной звуковой волны. Коэффициенты передачи и задержки в каналах распространения эха можно считать постоянными. Для подавления отражений в комнатных средах, применим адаптивный алгоритм нахождения собственно значения, в работе которого рассчитываются импульсные характеристики канала от источника к датчикам [4, 5]. Оценка задержки в этом случае определяется путем нахождения прямого пути из двух, измеренными импульсными откликами. Этот алгоритм полностью учитывает эффект реверберации в ходе оценки времени задержки. Модель с двумя датчиками выглядит следующим образом

$$x_0[k] * h_1 = s[k] * h_0 * h_1 = x_1[k] * h_0.$$

В векторно-матричном виде это соотношение, в момент времени k , можно представить

$$x^T[k]u = x_0^T[k]h_1 - x_1^T[k]h_0 = 0,$$

где $x_n[k] = [x_n[k], x_n[k-1], \dots, x_n[k-L+1]]^T$, $x[k] = [x_0^T[k], x_1^T[k]]^T$, $u = [h_1^T - h_0^T]^T$.

Масштаб и общие задержки неясности «слепой» идентификации на работу алгоритма не влияют.

В случае, когда импульсная характеристика канала из источника к приемнику может быть очень длинной, в зависимости от состояния реверберации, рассмотренный выше алгоритм не является приемлемым (некоторые нули двух каналов близки), тогда возможно использование нескольких каналов в системе, адаптивный алгоритм определения многоканальной временной задержки, когда число датчиков является большим.

С учетом модели реверберации [3], функция, среди всех N , в момент времени $k+1$ имеет вид [4]

$$J[k+1] = \sum_{i=0}^{N-2} \sum_{j=i+1}^{N-1} e_{ij}^2[k+1],$$

$$\text{где } e_{ij}[k+1] = \frac{x_i^T[k+1]\hat{h}_j[k] - x_i^T[k+1]\hat{h}_i[k]}{\|\hat{h}[k]\|}, \quad i, j = 0, 1, \dots, N-1 \quad - \text{ сигнал ошибки между}$$

датчиками i и приемниками j в момент времени $k+1$, $\hat{h}_n[k]$ – моделирование фильтра $h_j[k]$ и

$$\hat{h}_j[k], \hat{h}[k] = \left[\hat{h}_0^T[k], \hat{h}_1^T[k], \dots, \hat{h}_{N-1}^T[k] \right]^T.$$

Отсюда следует, что различные адаптивные алгоритмы могут использоваться для достижения оценки $\hat{h}_j[k]$ путем сведения к минимуму $J[k+1]$.

В ходе фиксации сигнала, производится его преобразование в электрические импульсы, которые претерпевают обработку [3]. На рис. 1 представлен исходный (зашумленный) речевой сигнал (а) и его отфильтрованный речевой эквивалент (б).

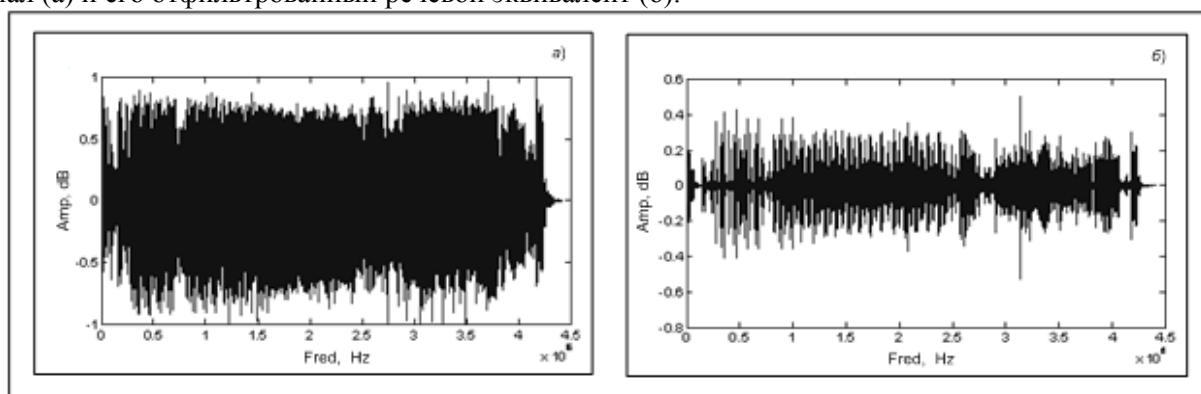


Рис. 1. Исходный (зашумленный) речевой сигнал (а), отфильтрованный речевой сигнал (б)

Адаптивные компенсаторы помех позволяют значительно улучшить качество зашумленных сигналов – на несколько десятков децибел, но требуют наличия опорного сигнала, что существенно сужает область их применения [1, 2].

Литература

1. Козлов Н.П. Адаптивная компенсация помех // Материалы четвертой научно-технической всероссийской конференции "Зворыкинские чтения", 2012. – С. 125 - 126.
2. Козлов Н.П. Разработка обучаемой системы подавления помех в акустических сигналах / Козлов Н.П., Проскуряков А.Ю. // Материалы пятой международной научно-практической конференции "Наука в современном обществе", 2015. – С. 164 - 166.
3. Ермолаев В.А., Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю. Методы анализа сигналов в информационно-управляющих системах / Ермолаев В.А., Кропотов Ю.А., Проскуряков А.Ю. Изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 196 с.
4. Jingdong Chen, Jacob Benesty, Yiteng (Arden) Huang. Time Delay Estimation in Room Acoustic Environments: An Overview. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, Volume 2006, Article ID 26503, Pages 1–19 DOI 10.1155/ASP/2006/26503.
5. Кропотов Ю.А., Ермолаев В.А. Об адаптивном алгоритме наименьших квадратов в задачах компенсации акустического эха // "Радиотехнические и телекоммуникационные системы", 2012. 2(6). – С.40-44.