

Вопросы корреляционного оценивания параметров модели эхо-сигналов

В простейшем случае [1] модель множественных отражений представляет собой систему формирования $K + 1$ неискаженных и задержанных на величину τ_k , $k = 0, 1, \dots, K$, копий известного сигнала $u(t)$. Формируемый с помощью этой модели эхо-сигнал описывается выражением

$$y_a(t) = \sum_{k=0}^K a_k u(t - \tau_k). \quad (1)$$

Оценивание задержки и интенсивности эхо-сигналов в различных каналах можно обеспечить посредством анализа взаимной корреляционной функции наблюдаемых на конечном интервале сигналов $u(t)$ и $y(t)$ [2]. Выборочная взаимная корреляционная функция с окном $w(t)$ записывается при этом в виде

$$\hat{R}_{uy}(t, \tau) = \begin{cases} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2-\tau} w(v)u(v)y(t, v+\tau)dv, & \tau \in [0, T], \\ \frac{1}{T} \int_{-T/2-\tau}^{T/2} w(v)u(v)y(t, v+\tau)dv, & \tau \in [-T, 0]. \end{cases} \quad (2)$$

Функция $y(t, v)$ в этом выражении представляет собой локализованный на интервале $[-T/2, T/2]$ сигнал (1) и описывается формулой

$$y(t, v) = \begin{cases} y(t+v), & v \in [-T/2, T/2], \\ 0, & v \notin [-T/2, T/2]. \end{cases}$$

Задержки распространения эха определяются по точкам локальных максимумов взаимной корреляционной функции (2). В этих условиях представляется обоснованным применение модели с долговременными задержками. При этом число настраиваемых коэффициентов адаптивных фильтров можно заметно снизить. Дальнейшее развитие этого подхода приводит к идее применения многоканальной эхо-компенсации.

В простейшем случае модель множественных отражений, в соответствии с (1) описывается выражением $y_a(t) = \sum_{k=0}^r a_k u(t - \tau_k) = \sum_{k=0}^r a_k u(t - D_k T_0)$. Задача при этом заключается в определении параметров затухания a_k и запаздывания $\tau_k = D_k T_0$ для $r + 1$ каналов эхо-сигнала.

Взаимную корреляционную функцию (2) сигналов $u(t)$ и $y(t)$ можно записать в виде

$$\hat{R}_{uy_a}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)y_a(t+\tau)dt, \quad (3)$$

в этом случае можно принять, что оценки задержек $\hat{\tau}_k = \hat{D}_k T_0$ являются точками ее локальных максимумов, то есть получаются в результате решения задачи [2]

$$\hat{\tau}_k = \hat{D}_k T_0 \arg \operatorname{loc} \max_{\tau \in [0, T_M]} \hat{R}_{uy_a}(\tau). \quad (4)$$

Коэффициенты затухания a_k вычисляются по формуле

$$\hat{a}_k = \frac{1}{\hat{R}_{uu}(0)} \hat{R}_{uu_a}(D_k T_0). \quad (5)$$

Однако если эхо-сигнал наблюдается на фоне помехи $n(t)$, то корреляционная функция (3) примет вид

$$\hat{R}_{ux}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)y_a(t+\tau)dt + \frac{1}{T} \int_0^T u(t)n(t+\tau)dt. \quad (6)$$

Так как сигналы $u(t)$ и $n(t)$ являются независимыми, то второе слагаемое в выражении (6) равняется нулю: $E\{u(t)n(t+\tau)\} = R_{un}(\tau) = 0$. Тогда выражение (6) преобразуется к виду $E\{\hat{R}_{ux}(\tau)\} = E\{\hat{R}_{uy}(\tau)\}$, в соответствии с которым можно принять, что оценки задержки локальных максимумов, определяемые выражениями (4) и (5) для случая наличия помех $n(t)$ являются справедливыми.

Оценки затухания \hat{a}_k используются при нормировании входного сигнала $u(n)$ адаптивного фильтра, влияя и на его выходной сигнал и на его скорость сходимости. Оценки запаздывания $\hat{D}_k T$ обеспечивают, в соответствии с рис. 1, формирование входных сигналов коррелятора $u(n)$ из опорного сигнала $u_g(n)$.

Принцип оценивания этих параметров поясняется схемой, приведенной на рис. 1.

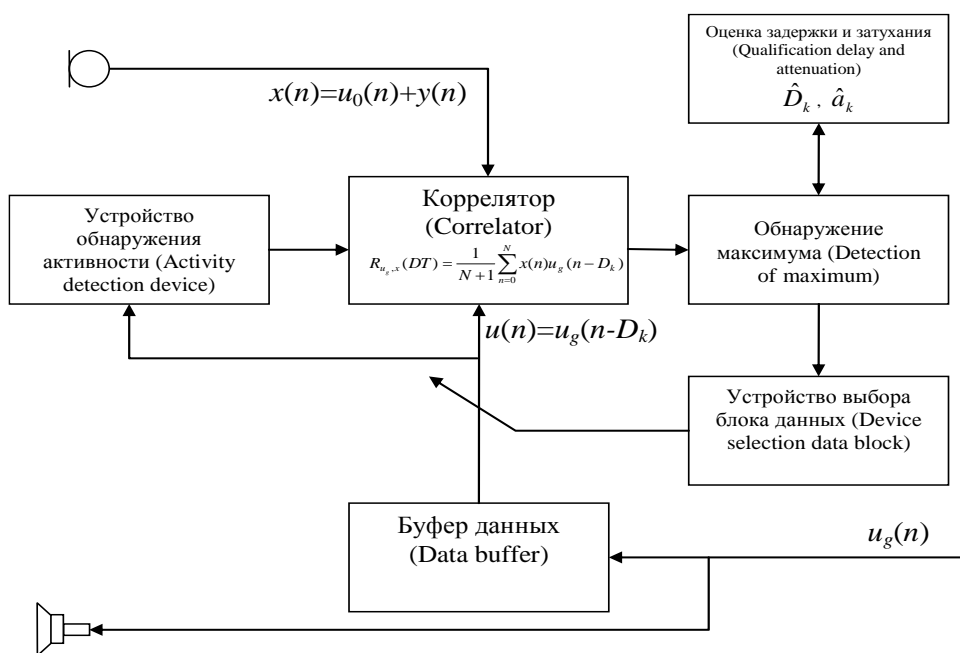


Рис.1. Схема оценивания долговременных параметров эха

Исследованные корреляционные характеристики эхо-сигналов, а также результаты корреляционно-экстремального оценивания долговременных параметров эха были верифицированы с использованием программно-сформированных тестовых и реальных речевых эхо-сигналов. Моделирование осуществлялось с использованием формул (4), (5). Была рассмотрена задача нахождения значимых каналов эха.

Литература

1. R.N. Sharma, A.K. Chaturvedi, G. Sharma. Multipath Delay Estimation for Acoustic Echo Channel. IEEE TENCON 2004, 2004, vol. 2, pp. 128-130.
2. Kropotov Y.A., Ermolaev V.A. About the correlation parameters estimation models of acoustic echo. Questions of radioelectronics, 2010, vol. 1, pp. 46 - 50.