

## АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ УТВОРЕННЯ ШТУЧНИХ РЕВЕРБЕРАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ

Маринін М. М.; Шпилька О. О., к.т.н.

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна

Ревверберация утворюється внаслідок багаторазового відбиття від поверхонь та одночасного поглинання звукових хвиль, та може бути представлена імпульсною характеристикою приміщення, рис. 1 [1]. Розрізняють «ранню» та «пізню» реверберацию, «пізня» приходить з великими затримками та має більшу щільність променів. Також однією із її важливих

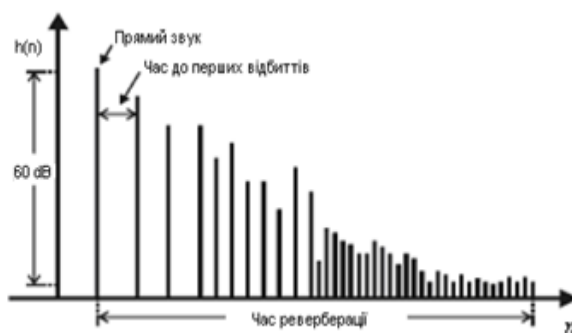


Рисунок 1. Імпульсна характеристика приміщення.

характеристик є час затухання  $T_{60}$  протягом якого сила звуку зменшується на 60 дБ.

Для аналізу алгоритмів усунення ефектів реверберации на еталонні сигнали накладають штучно утворений ефект реверберации. Тому актуальним являється задача порівняння різних моделей генерації штучної реверберации.

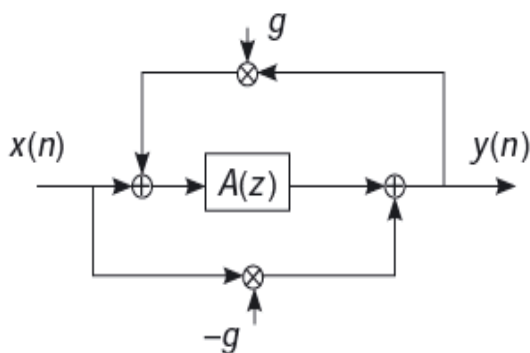


Рисунок 2. Структура на базі всепропускаючого фільтра

Одним із найпростіших методів генерації реверберации є структура Шредера [2] на базі всепропускаючого фільтра з зворотними лініями затримки, яка зображена на рис. 2, де  $A(z)$  зазвичай замінюється лінією затримки довжиною  $m$  відліків. Математична модель такої структури ревербератора має вигляд:

$$y(n) = -g \cdot x(n) + x(n - m) + g \cdot y(n - m). \quad (1)$$

Цей фільтр дозволяє отримати щільну імпульсну характеристику і плоску частотну характеристику. Такий підхід використовується в більшості штучних ревербераторах даний час [3].

Модель ревербератора Мура зображену на рис. 3.а. Блок (а) ревербератора Мура забезпечує ранні відбиття за допомогою лінії затримки з відводами. Отриманий в результаті сигнал передається в блок (b), який паралельний прямому шляху на одній гілці, на іншій гілці пропускається через

фільтри з різноманітними імпульсними характеристиками  $h_{\Sigma}(n)$ , що забезпечує пізню реверберацію.

$$y(n) = h_{\Sigma}(n) \cdot \sum_{i=0}^{N-1} a_i \cdot x(n - m_i) \quad (2)$$

де  $h_{\Sigma}(n)$  — сумарна імпульсна характеристика плеча (b):

$$h_{\Sigma}(n) = 1 + \left[ \sum_{i=1}^M h_{C_i}(n) \right] * h_A(n) * \delta(n - d). \quad (3)$$

Модель пристрою генерації штучної реверберації з мережею зворотніх ліній затримок [4] зображена на рис. 3.б. В колі зворотного зв'язку коефіцієнт  $g$  був замінений на матрицю  $G$ .

Відношення між входом та виходом з матрицею  $N \times N$  без фільтрів  $H_i$  описується рівністю:

$$y(n) = \sum_{i=1}^N c_i \cdot s_i(n) + d \cdot x(n), \quad (4)$$

де  $s_i(n)$  вихід  $i$ -тої лінії затримки і як показано далі:

$$s_i(n + m_i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} s_j(n) + b_i x(n) \quad (5)$$

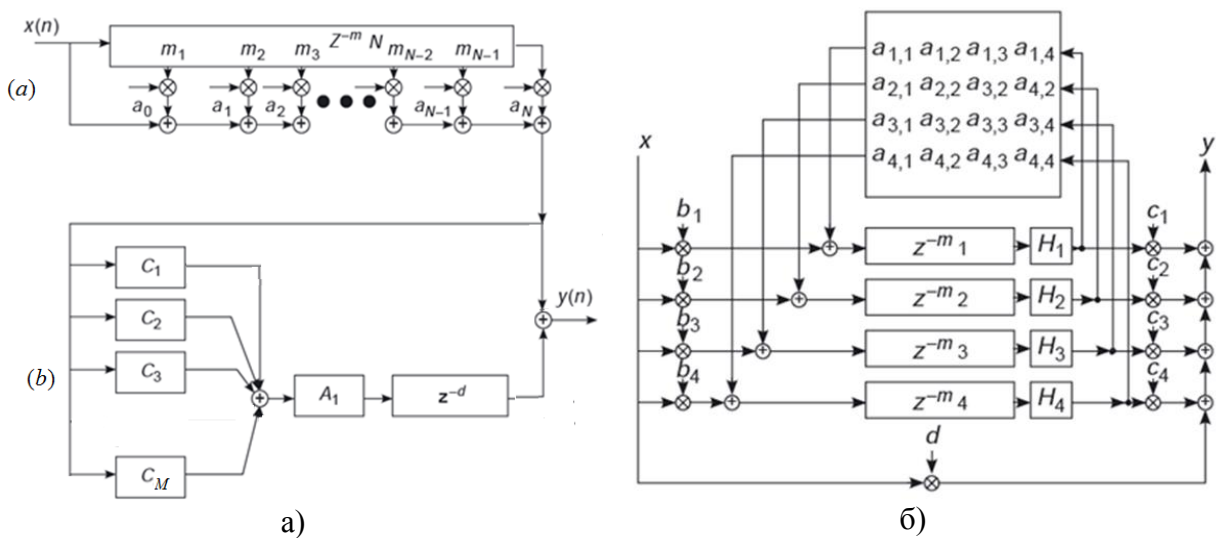


Рисунок 3. Моделі пристроїв штучних ревербераторів

Моделювання розглянутих алгоритмів (2)–(3) та (4)–(5) проведено в середовищі Matlab. Для моделювання використовувалась модель ревербератора Мура 4-ма лініями затримки та 6-ма гребінчастими фільтрами. Параметри моделі ревербератора на основі мережі зворотніх ліній затримок з матрицею  $4 \times 4$ .)

Результати моделювання для ревербератора Мура та ревербератора з мережею зворотніх зв'язків зображені на рис. 4.а та рис. 4.б. відповідно.

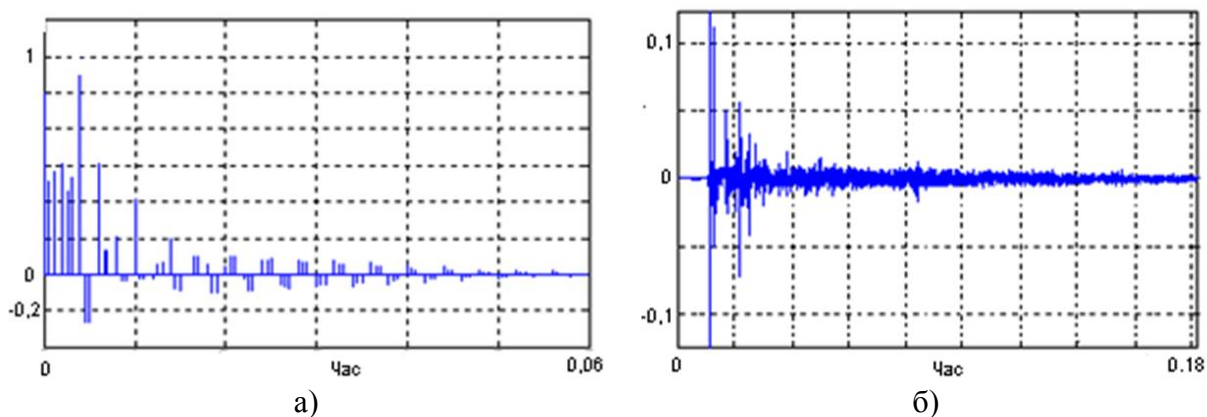


Рисунок 4. Імпульсні характеристики ревербераторів

Отже, як видно з результатів моделювання імпульсні характеристики мають однаковий характер, але вони по різному створюють ранні та пізні ревербераційні ефекти. В моделі Мура первинна реакція звучить надто дискретно, що призводить до зернистості звуку при імпульсних сигналах.

#### Перелік посилань

1. Marina Dana Topa, Norbert Toma, Victor Popescu, Vasile Topa, “Evaluation of All-Pass Reverberators”, Proceedings of 14th IEEE International Conference on Electronics, Marrakech, Morocco.
2. Udo Zolder. DAFX: Digital Audio Effects, Second Edition. Willey, 2011.
3. J. Dattorro. Effects design, part 1: Reverberator and other filters. J. Audio Eng. Soc., 45(9): 660–683, 1997.
4. W. G. Gardner. Reverberation algorithms. In M. Kahrs and K. Brandenburg Academic Publishers, 1997.

#### Анотація

Представлено опис та порівняння методів для створення штучного ефекту реверберації на основі моделі Мура та мережі зворотніх зв'язків. В середовищі *MATLAB* проведено моделювання імпульсних характеристик для різноманітних параметрів моделей.

Ключові слова: реверберація, модель Мура, мережа зворотніх зв'язків.

#### Аннотация

Представлено описание и сравнения методов для создания искусственного эффекта реверберации на основе модели Мура и сети обратных связей. В среде *MATLAB* проведено моделирование импульсных характеристик для различных параметров моделей.

Ключевые слова: реверберация, модель Мура, сеть обратных связей.

#### Annotation

The description and comparison of methods for creating artificial reverberation effect on the model of Moore and feedback delay network. In the environment of *MATLAB* simulation conducted impulse response for different model parameters.

Keywords: reverb, Moore model, the feedback delay network.