

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЗБІЛЬШЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДІАПАЗОНУ ЦИФРОВИХ ЗВУКОЗАПИСІВ

Магальяс В.С.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шейко С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87)
e-mail: d_res@nure.ua

In this paper we analyzed the ability of increase the dynamic range of digital audio. Some methods of reduce the quantization noise audibility in digital audio signals is consider. The method of dithering is analyzed. Dithering parameters is investigate, such as the amplitude, spectrum and the probability distribution function of the noise amplitude. It is show that all dithering parameters give a good decorrelation of the quantization noise. Dithering noise with a triangular probability distribution reduces the audibility of quantization noise, despite the significant decrease of the signal-to-noise ratio.

Динамічний діапазон звукових сигналів є важливим показником їх якості. У цифровому звукозаписі динамічний діапазон обмежений помилками, що виникають при квантуванні. У даній роботі досліджуються методи, що дозволяють мінімізувати ці помилки, або зменшити помітність відповідних спотворень на слух.

Шум квантування виникає при округленні звукового сигналу до найближчого дозволеного рівня, його потужність визначається розрядністю АЦП. В середньому СЦП шуму квантування рівномірна в діапазоні від 0 Гц до половини частоти дискретизації [1]. На реальних сигналах спектр шуму квантування може відрізнятися від рівномірного, зберігаючи при цьому свою сумарну потужність.

Для дослідження реальних спектрів шуму квантування використана модель, згідно з якою при квантуванні здійснюється балансна модуляція, що дає на виході шуканий набір гармонік [2]. У середовищі MathCad отримані спектри шумів квантування при різних співвідношеннях частот дискретизації і сигналу.

Результати досліджень показали, що спектр шумів квантування реальних сигналів дуже неоднорідний. Виникаючі гармоніки сприймаються як обертони, що змінюють тембральне забарвлення звуку. На слух це сприймається у вигляді неприємного відчуття "брудного" звуку. Зазначені особливості цифрового звуку робляться менш помітними на слух при використанні технології Dithering. Вона полягає в додаванні до сигналу невеликого шуму. Dithering використовується при реквантуванні, коли проводиться зменшення числа розрядів. Вихідний студійний запис має 24 розрядів, а потім проводиться реквантування до 16 розрядів з дизерингом.

Технологія Dithering вирішує три основні завдання: лінеаризація

передавальної функції квантувача, декореляція помилок квантування, в результаті чого спотворення перетворюються в білий шум, який менш помітний на слух, за рахунок чого розширюється повний динамічний діапазон системи.

Цифровий шум в технології Dithering може мати різні закони розподілу ймовірності пікових значень: прямокутний (RPDF), трикутний (TPDF) і гаусів (GPDF). Пікові значення шуму можуть бути від 0,5 молодшого розряду і більш. СПМ вводиться шуму зазвичай має рівномірний розподіл в діапазоні від нуля до частоти Найквіста.

Досліджена технологія Dithering в редакторі звуку Audacity. Для досліджень використано тестовий запис 16-ти розрядного сигналу з частотою 1 кГц і рівнем -40 дБ при відношенні сигнал-шум 60 дБ і частоті дискретизації 48 кГц. Тестовий сигнал піддавався реквантуванню 16–8 біт з дизерингом. При реквантуванні 16–8 біт спотворення найбільш помітні. Отримано спектри реквантованого сигналу для різних законів розподілу дизеринг-шуму.

При використанні дизеринга в Audacity незалежно від закону розподілу шуму спектр помилок квантування перетворюється в білий або забарвлений на ВЧ шум з рівнем близько -90 дБ.

Для білого дизеринг-шуму з прямокутним розподілом ймовірності втрати SNR практично відсутні. Однак, не досягається повна декореляція помилок – в спектрі залишаються дискретні складові. Збільшення пікових значень шуму до одного кванта усуває цей ефект, але при цьому SNR зменшується на 3 дБ. Використання гаусового шуму GPDF дозволяє дещо зменшити модуляційний шум, але значення SNR при цьому погіршуються на 1,8 дБ. У разі шуму з трикутним розподілом (TPDF), модуляційний шум повністю усувається, але SNR зменшується на 5 дБ. Найбільш сильно погіршується SNR при використанні шуму з трикутним розподілом з підвищенням СПМ в області високих частот. В цьому випадку SNR дорівнює 2,5 дБ, що майже на 17 дБ менше вихідного значення.

Застосування трикутного закону розподілу дозволяє знизити слухову помітність шуму квантування, незважаючи на значне погіршення ставлення сигнал / шум. Це пояснюється тим, що високочастотний шум менше сприймається слухом.

Перелік джерел:

1. Никамин В.А. Цифровая звукозапись. Технологии и стандарты. – СПб.: Наука и техника, 2002. – 256 с.
2. Вологдин Э.И. Динамический диапазон цифровых аудио трактов: Конспект лекций. [Электронный ресурс] / Э. Вологдин // СПб, 2012. – 18 с. (<http://window.edu.ru/resource/863/77863>).