

УДК 004.925.86

К.т.н., доцент Сулема Є.С., студентка Тишко І.О.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

СПОСІБ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АУДІОСИГНАЛІВ ІЗ ЗАДАНИМ НАБОРОМ МАСШТАБІВ ЗМЕНШЕННЯ

Abstract

Yevgeniya S. Sulema, assoc. prof., PhD; Iryna Tyshko, student

Method of audio signal visualizing with the predefined set of reduction scales

This paper concerns building graphical representations of a signal using the predefined set of reduction scales. The method allows to form graphs for the whole set of reduction scales at a time and to store them in compact mode for further retrieval. The method efficiency analysis is provided as well.

Вступ

Задача візуалізації довільного синусоподібного сигналу полягає у визначенні координат дискретних точок, які формують графік сигналу [1]. При цьому важливим є масштаб візуалізації. В деяких випадках, наприклад, при візуалізації сигналу в програмі для обробки аудіосигналу, частота зміни масштабу є порівнюваною з частотою запитів користувача до цієї програми. Спосіб обробки даних про сигнал, що виконується при візуалізації, залежить від того, яким є масштаб графіка: у масштабах збільшення виконується апроксимація сигналу, а у масштабах зменшення графічне відображення аудіосигналу ґрунтується на пошуку максимального та мінімального значень на ділянках сигналу вздовж осі абсцис графіка. Якщо набір масштабів зменшення попередньо відомий, то процес візуалізації можна прискорити, попередньо сформувавши послідовності точок графіку сигналу для кожного із заданих масштабів. Найпоширенішими наборами сигналів є набори, кратні степені десяти. Проте обробка масиву значень сигналу для кожного масштабу є тривалим процесом, а зберігання координат графіка для всіх масштабів вимагатиме великого обсягу пам'яті.

В даній статті пропонується спосіб прискореної візуалізації сигналу у заданих масштабах зменшення, який ґрунтується на тому, що ділянки сигналу, які беруть участь у формуванні однієї точки графіка у двох

сусідніх масштабах, частково перетинаються. Також розглядається спосіб компактного зберігання цих представлень.

Постановка задачі

Задача полягає у швидкій візуалізації довільного синусоподібного сигналу у масштабі зменшення, що може змінюватись в деякому діапазоні заданих дискретних значень.

Опис способу

Нехай задано послідовність $\{S_n\}_{n=1}^N$ дискретних відліків довільного синусоподібного сигналу S та послідовність P_m ($M < N$) значень масштабу графічного відображення цього сигналу. Графічне відображення послідовності $\{S_n\}$ із масштабом зменшення p_m полягає в тому, що кожним p_m точкам послідовності $\{S_n\}$ на графіку ставиться у відповідність вертикальний відрізок з ординатами, що дорівнюють мінімальному та максимальному значенню серед цих p_m точок.

Розіб'ємо послідовність $\{S_n\}_{n=1}^N$ для кожного масштабу p_m на $K_m = \left\lfloor \frac{N}{p_m} \right\rfloor$ фрагментів з кінцями в точках $s(A_{i-1}^m)$ та $s(A_i^m)$, де

$$A_i^m = i \cdot p_m, \quad i = 1..K_m.$$

Тоді кожному i -му фрагменту сигналу $s(A_{i-1}^m)s(A_i^m)$ на графіку відповідатиме вертикальний відрізок з координатами:

$$\begin{cases} x_{i-1}^m = x_i^m = i, \\ y1_i^m = \min s(A_{i-1}^m), \dots, s(A_i^m), \\ y2_i^m = \max s(A_{i-1}^m), \dots, s(A_i^m). \end{cases}$$

Для побудови графіку сигналу S потрібно знайти мінімуми та максимуми на кожному фрагменті послідовності $\{S_n\}_{n=1}^N$, що відповідатиме одній точці графіку у масштабі зменшення p_m . Розглянемо процес знаходження мінімумів. Він складається з декількох етапів.

На першому етапі розіб'ємо послідовність $\{S_n\}_{n=1}^N$ на $K_1 = \left\lfloor \frac{N}{p_1} \right\rfloor$ фрагментів з кінцями в точках $s(A_{i-1}^1)$ та $s(A_i^1)$, де

$$A_i^1 = i \cdot p_1, \quad i = 1..K_1.$$

На кожному i -му фрагменті знайдемо мінімальне значення $s(V_i^1)$, а його абсцису V_i^1 збережемо у послідовності $\{V_i^1\}_{i=1}^{K_1}$.

На кожному наступному етапі m розбиватимемо послідовність $\{S_n\}_{n=1}^N$ на $K_m = \left\lfloor \frac{N}{P_m} \right\rfloor$ фрагментів з кінцями в точках $s(A_{j-1}^m)$ та $s(A_j^m)$, $j=1..K_m$. Для кожного фрагмента $s(A_{j-1}^m)s(A_j^m)$ шукатимемо таку точку мінімуму V_i^{m-1} з попереднього $(m-1)$ -го розбиття, що $V_i^{m-1} \in s(A_{j-1}^m)s(A_j^m)$. Можливі варіанти:

- 1) якщо жодна з точок $s(V_i^{m-1})$ попереднього розбиття не входить до вибраного фрагмента $s(A_{j-1}^m)s(A_j^m)$, то V_j^m обчислюється як на етапі 1;
- 2) якщо до фрагмента $s(A_{j-1}^m)s(A_j^m)$ входить одна точка мінімуму $s(V_i^{m-1})$, то порівнюємо абсиси кінців фрагмента $s(A_{j-1}^m)s(A_j^m)$ та фрагмента $s(A_{i-1}^{m-1})s(A_i^{m-1})$, до якого входить абсциса мінімуму V_i^{m-1} , і за результатами порівняння знаходимо V_j^m :

$$V_j^m = \begin{cases} V_i^{m-1}, \text{ якщо } A_{j-1}^m \geq A_{i-1}^{m-1} \text{ і } A_j^m \leq A_i^{m-1}; \\ \min\{V_i^{m-1}, \min(s(A_{j-1}^m)..s(A_{i-1}^{m-1}))\}, \text{ якщо } A_{j-1}^m < A_{i-1}^{m-1}; \\ \min\{V_i^{m-1}, \min(s(A_i^{m-1})..s(A_j^m))\}, \text{ якщо } A_i^{m-1} < A_j^m. \end{cases}$$

- 3) якщо до фрагмента $s(A_{j-1}^m)s(A_j^m)$ входять дві точки $s(V_{i1}^{m-1})$ та $s(V_{i2}^{m-1})$, то $s(V_j^m) = \min\{s(V_{i1}^{m-1}), s(V_{i2}^{m-1})\}$.

На рис. 1 показано точки мінімумів для послідовності $P = \{3, 7, 10\}$.

Аналогічно знаходяться абсиси максимумів W_j^m .

Для кожного m -го масштабу зберігається одна послідовність мінімумів та одна послідовність максимумів довжиною

$$K_m = \left\lfloor \frac{N}{P_m} \right\rfloor.$$

Всі послідовності мінімумів та максимумів можна зберігати разом у вигляді деревоподібної структури або у вигляді набору бітових масивів (масок), в якому кожен біт відповідає певному елементу послідовності S і вказує, чи входить даний елемент до вказаного масштабу.

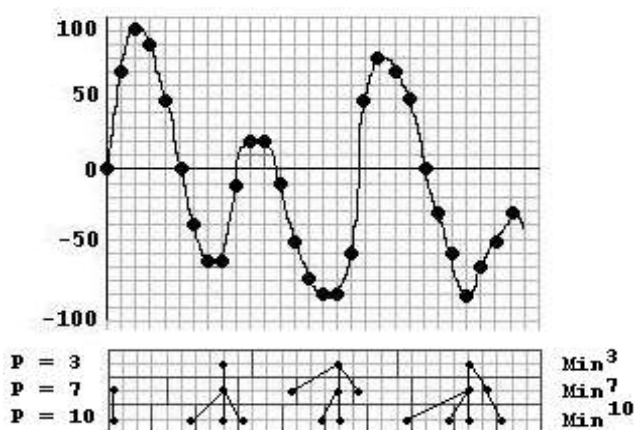


Рис. 1 Пошук мінімумів для $P = \{3, 7, 10\}$

Аналіз способу

Тестування алгоритму на музичних аудіофайлах різної довжини показало прискорення обчислень у 2-2,5 рази, порівняно з прямим підходом. Обчислення виконуються тим швидше, чим ближчі між собою значення сусідніх масштабів у масиві $\{P_m\}$. На рис. 2 показано залежність часу виконання запропонованого алгоритму (1) та прямого підходу (2) від довжини набору масштабів $\{P_m\}$; розмір вхідного файлу ≈ 2 млн. семплів. Тестування виконувалося у середовищі Matlab. До вимірів включено час, витрачений на виділення пам'яті для додаткових масивів.

Для виконання алгоритму необхідні допоміжні структури даних: два масиви для зберігання мінімальних або максимальних значень на m -у та $(m+1)$ -у кроках розміром $\max\{Step_p\}$ та масив для зберігання екстремумів розміром $2N$.

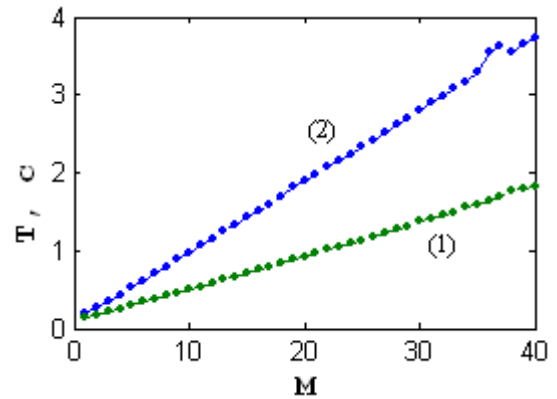


Рис.2 Результат тестування

Висновки

Запропоновано спосіб візуалізації синусоподібних сигналів із фіксованим набором масштабів, який дозволяє прискорити формування графіка сигналу у 2-2.5 рази, порівняно з прямим підходом. Метод може використовуватися у програмах обробки аудіоданих та довільних сигналів синусоподібної форми.

Література

1. Способы компьютерной визуализации характеристических параметров реальных сигналов / Зори С.А., Ковальский С.В. // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». Випуск 12 (165) – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ». – 2010. – ст. 73.