

# Аналіз вібраційних характеристик за допомогою мобільного Android-пристрою

В. О. Горєлов  
кафедра інформатики  
Прикарпатський національний університет  
імені Василя Стефаника  
Івано-Франківськ, Україна  
vitaliy.goryelov@gmail.com

## The vibration characteristics analysis using an Android mobile device

V. Goryelov  
Department of Computer Science  
Vasyl Stefanyk Precarpathian  
National University  
Ivano-Frankivsk, Ukraine  
vitaliy.goryelov@gmail.com

**Анотація**—Розглянуто особливості інтерполювання даних акселерометра мобільного пристрою під керуванням ОС Android. Запропоновано метод дослідження спектральних характеристик даних, отриманих на неоднорідній часовій сітці.

**Abstract**—The key features of Android mobile device's accelerometer data interpolation are studied. The spectral analysis method of non-uniformly sampled data is proposed.

**Ключові слова**—*нерівномірна часова сітка, акселерометр, Android, спектральні характеристики*

**Keywords**—*non uniform grid time domain, accelerometer, Android, spectral characteristics*

### I. ВСТУП

Проведення спектрального аналізу дискретних сигналів базується на використанні швидкого перетворення Фур'є (FFT) як ефективної реалізації перетворення Фур'є (FT) сигналів скінченної довжини, реалізованих на рівномірній часовій сітці. Однак, існують задачі, котрі пов'язані із нерівномірним кроком часової сітки. Такі задачі виникають у різних галузях науки та техніки, наприклад: при обробці сигналів радарів, обчисленні перетворення Радона у томографії тощо. Розв'язок їх отримують за допомогою відповідних алгоритмів NUFFT.

Існують різні методи NUFFT [1–5], одним із ефективних варіантів яких є такий, що використовує квазірівномірні вхідні відліки.

Основна ідея такого підходу полягає у інтерполяції відліків, отриманих на нерівномірній часовій сітці, та представленні їх у вигляді відліків, отриманих у часі рівномірно.

Процес зміни часової сітки пов'язаний із ефектом аліасингу, проявом якого є ступінчастість вихідного сигналу.

Причинами виникнення часової нерівномірності відліків можуть бути технічні несправності обладнання, обмеження каналів передавання даних, шуми та конструктивні особливості. Прикладом джерела даних із нерівномірною часовою сіткою є сенсор прискорення мобільного пристрою під керуванням ОС Android.

Сфера застосування мобільних додатків, що використовують спектральні характеристики сигналу вібрації, доволі широка: від комп'ютерних ігор до експрес-діагностики стану дорожнього покриття, що визначає актуальність дослідження даної тематики.

Особливістю використання акселерометрів мобільних пристроїв під керуванням ОС Android є неможливість прогнозування чи керування моментами отримання відліків у часі.

Об'єктом дослідження даної роботи є спектральні характеристики сигналу давача прискорення мобільного пристрою під керуванням ОС Android на нерівномірній часовій сітці.

## II. ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АКСЕЛЕРОМЕТРА ANDROID-ПРИСТРОЮ

У Android Sensor Framework не передбачено управління частотою дискретизації даних акселерометра мобільного пристрою. Натомість, існує ряд декларативних констант, котрі описують бажані з точки зору користувача інтервали оновлення даних сенсора, проте операційна система не зобов'язана дотримуватися їх і інтерпретує періоди оновлення як «звичайний», «достатній для інтерфейсу користувача», «ігровий» та «найшвидший» без прив'язки до конкретних числових значень.

Доступ до даних акселерометра реалізовано через масив зі значенням прискорення за осями X, Y та Z.

Імплементація інтерфейсу `EventListener` дозволяє перевизначити метод `onSensorChanged(SensorEvent event)` і, таким чином, отримати доступ до даних давача (`event`) після завершення вимірювання у момент, коли операційна система прийме рішення про можливість надання такого доступу. Поле `timestamp` містить інформацію про час надходження повідомлення про можливість доступу до даних.

Типовим підходом до використання даних акселерометра є наступний. Оголошують масив X. У момент, коли операційна система повідомляє про оновлення стану давача (`onSensorChanged`), копіюють вміст відповідних елементів `event` до масиву X. При цьому момент наступного оновлення не може бути передбачений із достатньою для практичного використання точністю.

Імітацію певної частоти оновлення давача реалізують за допомогою окремого потоку, котрий читає вміст масиву X із заданою регулярністю. Фактично, такий підхід реалізує ступінчасту інтерполяцію, що у випадковій заміні часової сітки породжуватиме фантомні високочастотні складові.

При цьому, вміст елементів масиву X є незмінним під час послідовних опитувань потоком до моменту чергового виклику методу `onSensorChanged()`. У режимі «game» метод `onSensorChanged()` викликається у середньому кожні 0-10 мс. Центр функції густини ймовірності відповідає значенню ~5 мс.

Дослідження проведено із використанням мобільного телефону LG Nexus 5 D821 під керуванням Android 6.0.1. Проаналізовано вибірки із 1000 елементів для кожного із режимів роботи акселерометра.

Враховуючи, що частота оновлення даних не є константою, використання X як джерела даних для проведення швидкого перетворення Фур'є не є коректним.

Імплементація алгоритму NUFFT дозволяє отримати спектральні характеристики для подібного типу даних.

## III. СПЕКТРАЛЬНІ ВІБРАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Швидке перетворення Фур'є для відліків на нерівномірній часовій сітці, здійснюють у відповідності до наступного виразу:

$$f_i = F(\alpha)_j = \sum_{k=-N/2}^{N/2-1} \alpha_k e^{it_k \omega_j} \text{ для } j = -N/2, \dots, N/2-1.$$

Частотні відліки  $\omega = \{\omega_{-N/2}, \dots, \omega_{N/2-1}\}$ ,  $\omega_j = 2\pi j / N \in [-\pi, \pi]$  – рівномірні; відліки у часі  $t = \{t_{-N/2}, \dots, t_{N/2-1}\}$ ,  $t_k \in [-N/2, N/2]$  – нерівномірні.

На основі проведеного дослідження розроблено додаток для моніторингу вібраційних характеристик з використанням мобільних пристроїв під управлінням Android.

## ВИСНОВКИ

ОС Android не надає можливості керувати частотою оновлення даних акселерометра.

Одним із варіантів дослідження спектру вібрації на основі даних мобільного телефона, є використання квазіеквідистантних відліків, отриманих шляхом інтерполяції.

Експериментально встановлені центри функцій густини ймовірності для режимів «game» «fastest» становлять 5 та 20 мс. При цьому розкид значень відстаней у часі між двома сусідніми відліками становить ~10 та ~20 мс відповідно.

У режимі «game» максимальна частота, котра може бути отримана у результаті застосування перетворення Фур'є, складає близько 50 Гц. При цьому мобільний пристрій може бути застосований для автоматичного бюджетного експрес-моніторингу стану дорожнього покриття за умови достатньої жорсткості кріплення.

## ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] S. Bagchi and S. Mitra, The Nonuniform Discrete Fourier Transform and Its Applications in Signal Processing, Kluwer Academic, Boston, 1999.
- [2] J. A. Fessler and B. P. Sutton, Nonuniform fast Fourier transforms using min-max interpolation, IEEE Trans. Signal Process., 51 (2003), pp. 560–574.
- [3] J. I. Jackson, C. H. Meyer, D. G. Nishimura, and A. Macovski, Selection of a convolution function for Fourier inversion using gridding, IEEE Trans. Med. Imag., 10 (1991), pp. 473–478.
- [4] J. D. O'Sullivan, A fast sinc function gridding algorithm for Fourier inversion in computer tomography, IEEE Trans. Med. Imag., MI-4 (1985), pp. 200–207.
- [5] D. Potts, G. Steidl, and M. Tasche, Fast Fourier transforms for nonequispaced data: A tutorial, in Modern Sampling Theory: Mathematics and Applications, J. J. Benedetto and P. Ferreira, eds., Appl. Numer. Harmon. Anal., Birkhäuser, Boston, 2001, pp. 249–274.