

УДК 004.032.6:004.4

## **МЕТОДИ РОБОТИ ЗІ ЗВУКОМ У ПРОГРАМНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ МУЗИЧНИХ РЕПЕТИЦІЙ**

Булгаков А.О.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Каук В.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПІ  
м. Харків, Україна

тел.: +38(050) 989-41-93, email: anton.bulhakov@nure.ua

This work is devoted to assessing the efficiency of sound storing and processing methods for implementing the web system of holding distant music rehearsals. Criteria of the possibility of applying methods of sound processing in a network environment were defined. Popular formats of audio were compared to define the most applicable one in the web environment. It has been found that the Biquad Filter used in WebRTC provides efficient noise cancellation. Considered using Java Sound API for special features can be used by musicians during the rehearsal.

Швидкий темп розвитку дистанційних технологій, зумовлений зокрема епідеміологічною ситуацією та політичним становищем у світі, викликав також розвиток технологій, пов'язаних з обробкою поточкових аудіо та відео. Це спричинило зростання популярності та вдосконалення систем для дистанційних комунікацій, у першу чергу – для проведення відеоконференцій [1]. Незважаючи на своє функціональне наповнення, такі системи не надають необхідних засобів для проведення дистанційних музичних репетицій. Затримка у цих застосуваннях занадто велика для того, щоб дозволити синхронізацію кількох аудіо потоків, а специфічні для області засоби обробки звуку не підтримуються.

Створення веб системи, яка дозволила б проведення дистанційних музичних репетицій, вимагає вибору методів збереження даних, а саме вибір цифрового звукового формату, методів обробки звуку для видалення можливих шумів та застосування звукових ефектів для певних музичних інструментів.

За результатами проведеного дослідження найкращі показники покращення якості звуку було досягнуто при використанні біквдратного фільтра, який реалізований у стандартному рішенні WebRTC. Можливість використання фільтрації на клієнтській частині системи дозволяє уникнути повторної обробки на сервері і максимально скоротити час на фільтрацію низьких та високих частот, додаючи не більше 10 мс до часу обробки блоку даних у 75 КБ. Реалізації фільтрів низьких та високих частот з використанням дискретного перетворення Фур'є [2] займає більше 100 мс.

Для порівняння придатності форматів аудіо для використання у мережевому середовищі для кожного з трьох популярних форматів – OPUS, Vorbis та MPEG-1 audio layer 3 [2] – було зроблено по 10 записів

стерео звуку довжиною 5 секунд з однаковими бітрейтом та частотою дискретизації. Після кожного запису дані кодувалися, відправлялися на сервер, зберігалися у вигляді файлу, надсилалися двом користувачам за допомогою Web Socket розсилки, декодувалися та були приготовлені до програвання.

За результатами проведеного експерименту, час, необхідний для цих операцій, для даних, стиснутих за допомогою формату OPUS, був найменшим і склав 51 мс проти 281 мс для даних, стиснутих за допомогою формату Vorbis, та проти 370 мс для даних, стиснутих за допомогою формату MPEG-1. Середні значення затримки на різних етапах обробки та передачі наведено на рисунку 1.

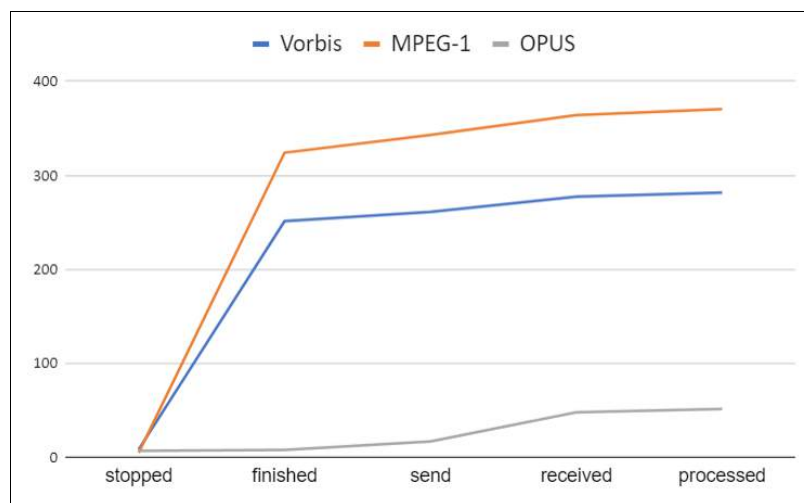


Рисунок 1 – Затримка між записом звуку на одному пристрої та його відтворенні на іншому

За допомогою Java Sound API існує можливість застосування таких музичних ефектів, як «delay» або канон, безпосередньо під час проведення репетиції. Також цей засіб дозволяє роботу з файлами формату MIDI (Musical Instrument Digital Interface), які містять цифрові партитури і можуть бути використані у системі для огляду та звукового відтворення партії.

Список використаних джерел:

1. Tomic D., Vizinger K. Effects of Remote Business During the Covid-19 Pandemic - A Literature Review. American Journal of Economics and Business Innovation (AJEBI). 2023. Vol. 2, no. 1. P. 7.

2. Черняхов А., Каук В. Використання дискретного перетворення фур'є на прикладі мобільного застосунку для запису та аналізу звуку. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : Міжнар. наук. конф., 27 квіт. 2022 р. С. 185.

3. Winer E. The Audio Expert: Everything You Need to Know About Audio. 2nd ed. Routledge, 2017. 784 p.