

Орест Варенюк, Любомир Флуд*, Олександр Сторожук*, Ростислав Романко*

¹ НЛТУ України, Львів, Україна, 122.24vareniuk.o@nltu.lviv.ua

² НЛТУ України, Львів, Україна, ORCID: 0000-0002-8347-4265, flud@nltu.edu.ua

³ НЛТУ України, Львів, Україна, ORCID: 0000-0001-6566-5271, storozhuk@nltu.lviv.ua

⁴ НЛТУ України, Львів, Україна, 23romanko.r@nltu.lviv.ua

Інформаційно-комунікаційна система для голосового та відеозв'язку в багатокористувацьких іграх на основі WebRTC

***Анотація.** Досліджено можливості побудови системи аудіо- та відеокомунікації на основі технології WebRTC для багатокористувацьких ігрових платформ. Розроблено прототип плагіну для організації багатокористувацьких відеоконференцій. Даний плагін демонструє практичні переваги WebRTC як відкритої технології реального часу, який легко може бути використаний для аудіо- та відеокомунікацій під час сесій в багатокористувацьких іграх.*

***Ключові слова** – JavaScript, WebRTC, browser, plug-in, HTML5.*

Вступ. На сьогоднішній день попри величезне різноманіття сервісів зв'язку через інтернет ресурси, актуальною залишається проблема створення універсальних, безпечних і гнучких систем відеокомунікацій для людей, які активно користуються багатокористувацькими ігровими платформами. Такі системи мають забезпечувати високу якість передавання даних, мінімальну затримку та зручність використання. Саме ці вимоги задовольняє технологія WebRTC (Web Real-Time Communication) – відкрите стандартне рішення, що забезпечує обмін аудіо-, відео- та іншими потоками даних безпосередньо між браузерами чи мобільними клієнтами без використання сторонніх плагінів.

Тому актуальність розробки такої системи полягає в необхідності створення сучасної інформаційно-комунікаційної системи, що поєднує функціональні можливості відеоконференцій із доступністю вебтехнологій і високим рівнем безпеки. Така система повинна забезпечувати якісний обмін медіаданими між користувачами в реальному часі, підтримувати масштабування та бути сумісною з різними типами пристроїв і операційних систем.

Математична модель. Для організації відеокомунікації необхідно забезпечити якісну картинку для користувачів. Тому, будь-яке реальне цифрове зображення можна подати у вигляді: $f(x, y) = s(x, y) + n(x, y)$, де $s(x, y)$ - корисний сигнал (справжнє зображення). Де, $n(x, y)$ – адитивний шум. Мета згладжування - отримати оцінку $\hat{s}(x, y)$, яка мінімізує квадратичну похибку:

$$E = \iint (f(x, y) - \hat{s}(x, y))^2 dx dy. \quad (1)$$

Лінійне згладжування виконується через операцію згортки:

$$\hat{s}(x, y) = \iint f(\xi, \eta) h(x - \xi, y - \eta) d\xi d\eta, \quad (2)$$

де, $h(x, y)$ – згладжувальне ядро.

Для демонстрації ефективності алгоритмів було штучно додано адитивний шум. Таке зображення дозволяє оцінити, наскільки фільтри пригнічують високочастотні компоненти. Рис.1, а)

Гаусівське згладжування. Гаусівський фільтр виконує згладжування за формулою:

$$h(x, y) = 1/(2\pi\sigma^2) * \exp(-(x^2 + y^2) / (2\sigma^2)). \quad (3)$$

Цей метод ефективно зменшує випадковий шум, але має суттєвий недолік - розмивання країв. Рис.1, б).

Медіанне згладжування. Медіанний фільтр є нелінійним алгоритмом. Значення кожного пікселя замінюється медіаною вікна:

$$\hat{s}(x, y) = \text{median} \{ f(i, j) \}. \quad (4)$$

Цей метод добре зберігає краї та ефективно пригнічує імпульсний шум. Для об'єктивної оцінки ефективності згладжування використовують статистичні метрики:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \hat{s}_{ij})^2, \quad (5)$$

де f_{ij} - інтенсивність пікселя в оригінальному зображенні, $\hat{s}_{ij}$ - відповідний піксель після згладжування, M і N - розміри зображення.

$$MSE = 1/(MN) \sum \sum (f - \hat{s})^2. \quad (6)$$

Для оцінки якості відновлення також використовують пікове відношення сигнал/шум (PSNR):

$$PSNR = 10 \log_{10}(255^2 / MSE), \quad (7)$$

де 255 - максимальне значення яскравості для 8-бітних зображень. Більше значення PSNR відповідає кращій якості згладженого або відновленого зображення.

У даному випадку медіанний фільтр краще зберігає структуру обличчя: краї, тонкі елементи зачіски, текстуру шкіри. Гаусівське згладжування забезпечує більш плавний тон, але втрачає різкість. Рис.1, в).



а) б) в)

Рисунок 1. Порівняння роботи фільтрів. а - вихідне зображення з доданим адитивним шумом, б – гаусівське згладжування, в – медіанне згладжування

На основі порівняння можна зробити висновок, що вибір алгоритму згладжування залежить від типу шуму та завдання обробки. Для збереження деталей доцільно використовувати медіанні або адаптивні фільтри, тоді як гаусівське згладжування підходить для загального шумопригнічення.

Програмна реалізація. Розроблена система включає WebRTC-додаток, який завантажується з хмарного сховища та виконується у контексті браузера. На рівні клієнтської частини реалізовано інтеграцію з браузерним розширенням, що дозволяє взаємодіяти зі сторінками вебсайту, отримувати необхідні дані та передавати їх до зовнішнього WebRTC-модуля. HTML-структура цільових сторінок аналізувалася для коректного вилучення потрібних елементів та автоматизації взаємодії.

Для забезпечення багатостороннього потокового зв'язку була створена спеціальна JavaScript-бібліотека RTCPeerBroadcasting. Вона містить набір функцій, що полегшують встановлення WebRTC-з'єднань у режимі конференції та організацію передачі аудіо- і відеопотоків. Центральним елементом бібліотеки є функція-обгортка над RTCPeerConnection, яка створює та налаштовує підключення між клі-

єнтами. Параметри цієї функції можуть містити дані про STUN/TURN-сервери, обмін SDP-описами та інші характеристики сесії.



Рисунок 2. Кнопка для відеовиклику

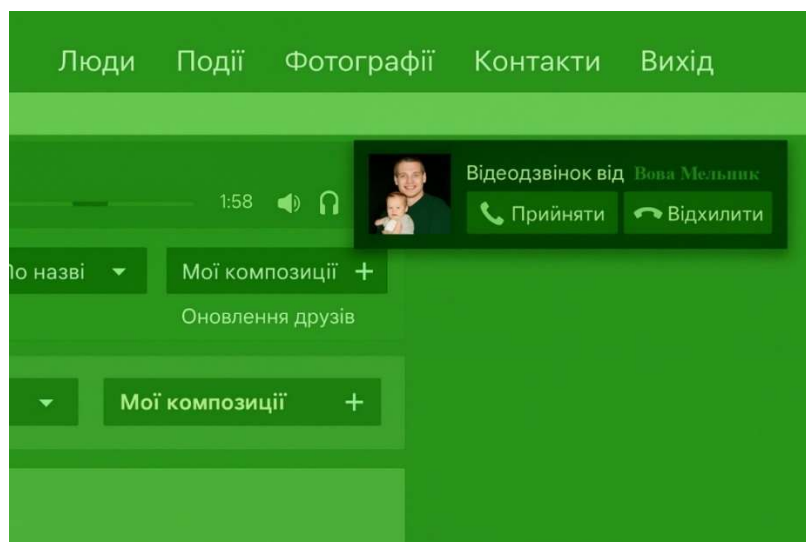


Рисунок 3. Вхідний відеодзвінок

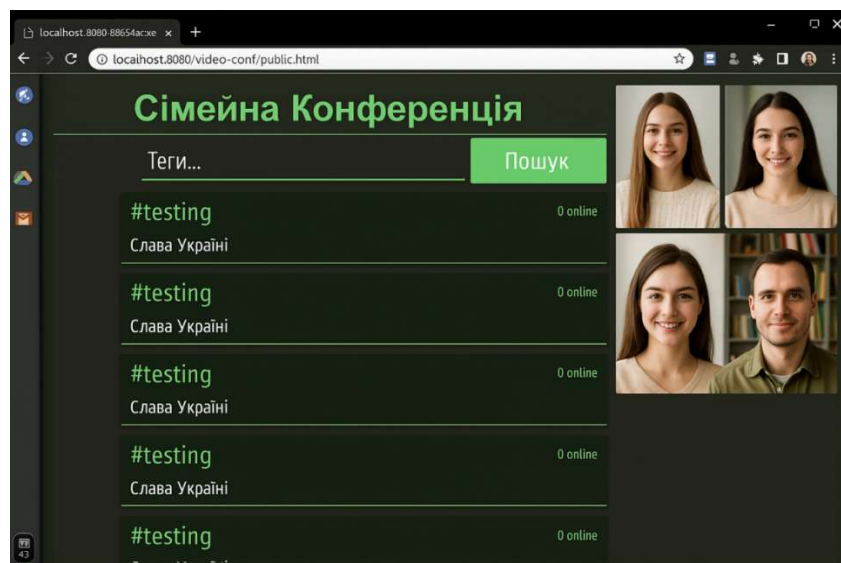


Рисунок 4. Список доступних публічних конференцій

Створений об'єкт підключення використовується для обміну медіаданими, узгодження параметрів сесії та підтримання стабільної WebRTC-комунікації між учасниками. Завдяки цьому забезпечується можливість реалізації потокового відеозв'язку та передачі інших мультимедійних даних у режимі реального часу.

Вигляд основних елементів фінальної версії програми наведено на рис. 2 – рис. 4.

Висновок. Розв'язання задач, пов'язаних із передаванням даних, набуває особливої актуальності в умовах зростання кількості хакерських атак на ключові комунікаційні сервіси. Використання подібних технологічних рішень дає можливість забезпечити стабільний та безпечний зв'язок підчас сесій в улюбленій грі чи з близькими людьми в приватних бесідах, а також здійснювати обмін повідомленнями без суттєвих ризиків і перешкод.

Список використаних літературних джерел

- [1] Rafael C. Gonzalez та Richard E. Woods: Digital Image Processing. – Pearson Education Limited, 2018. – 1021 p.
- [2] Jansen A., McGovern A. *Real-Time Communications with WebRTC*. O'Reilly Media, 2021.
- [3] Singh V., Ott J., de Costa R. *Performance analysis of WebRTC-based video conferencing*. IEEE, 2013.

Information and communication system for voice and video communication in multi-user games based on WebRTC

Orest Vareniuk, Liubomyr Flud, Oleksandr Storozhuk, Rostyslav Romanko

The possibilities of building an audio and video communication system based on WebRTC technology for multi-user gaming platforms have been investigated. A prototype plugin for organizing multi-user video conferences has been developed. This plugin demonstrates the practical advantages of WebRTC as an open real-time technology that can be easily used for audio and video communications during sessions in multi-user games.