

*Яковишен П.О., аспірант,
Тужанський С.Є., к.т.н., доцент
Вінницький національний технічний університет*

ІМІТАЦІЙНА ОЦІНКА ВПЛИВУ АСИНХРОННОСТІ ДЖЕРЕЛ ДАНИХ НА СИНХРОНІЗАЦІЮ ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИГНАЛІВ

Анотація. в роботі розглянуто проблему синхронізації телемедичних сигналів від асинхронних джерел у розподілених системах. Оцінено вплив початкового часового зсуву та дрейфу годинників на точність синхронізації. Запропоновано модель асинхронності та виконано порівняння підходів до вирівнювання часових міток. Результати підтверджують необхідність врахування характеру асинхронності при виборі методів синхронізації.

Ключові слова: телемедичні системи, синхронізація сигналів, асинхронність, часові мітки, розподілена обробка.

Вступ. Розвиток телемедичних систем супроводжується переходом до розподіленої обробки даних, що поєднує периферійні пристрої, локальні вузли та хмарні сервіси. Це дозволяє зменшити затримки та навантаження на мережу. Водночас така архітектура ускладнює синхронізацію даних, оскільки сигнали можуть надходити з різних джерел із різними часовими характеристиками. Точність аналізу стану пацієнта залежить від узгодженості цих даних [1, 2].

Основною причиною порушення синхронізації є початковий часовий зсув і дрейф годинників джерел, що може призводити до значних похибок.

Методика та результати дослідження. Метою роботи є імітаційна оцінка впливу асинхронності джерел даних на точність синхронізації телемедичних сигналів у розподілених системах. Дослідження виконано шляхом моделювання двох потоків біомедичних сигналів (ECG – 250 Гц, PPG – 50 Гц) тривалістю 1200 с. Асинхронність описано афінною моделлю локального годинника, що враховує початковий часовий зсув і дрейф (0-150 ppm), який зумовлює лінійне накопичення похибки часу [3, 4].

Для синхронізації застосовано подійне вирівнювання на основі крос-кореляції та підхід з урахуванням дрейфу, що передбачає оцінювання як зсуву, так і масштабування часу. Як метрику використано залишкову похибку синхронізації.

Отримані результати показують, що за відсутності дрейфу подійне вирівнювання забезпечує низьку похибку (~8 мс), однак зі зростанням дрейфу його ефективність істотно знижується. Натомість методи з

урахуванням дрейфу забезпечують стабільну точність ($\approx 8-10$ мс) у всіх сценаріях, що підтверджує визначальний вплив характеру асинхронності джерел на ефективність синхронізації.

Висновки. Проведене дослідження показало, що початковий часовий зсув і дрейф локальних годинників суттєво впливають на точність синхронізації телемедичних сигналів.

Подійне вирівнювання є ефективним лише за відсутності або незначного дрейфу, тоді як у складніших умовах доцільним є використання методів, що враховують зміну частоти годинника.

Отримані результати підтверджують необхідність адаптивного вибору методів синхронізації з урахуванням характеристик джерел даних і умов функціонування телемедичних систем

Список використаних джерел:

1. Тужанський С. Є., Яковишен П. О. Аналіз методів передавання даних у телемедичних системах. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. 2024. № 47(1). С. 222–232. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2024-47-1-222-232>

2. Alenoghena C. O., Ohize H. O., Adejo A. O., Onumanyi A. J., Ohihoin E. E., Balarabe A. I., Okoh S. A., Kolo E., Alenoghena B. Telemedicine: A Survey of Telecommunication Technologies, Developments and Challenges. Journal of Sensor and Actuator Networks, 12(2):20, 2023. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/jsan12020020>

3. IEEE Standard 1588-2008. IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems (Precision Time Protocol, PTP). Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2008. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://standards.ieee.org/standard/1588-2008.html>

4. Mills D. L. Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification. RFC 5905, Internet Engineering Task Force (IETF), 2010. [Електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5905>