

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МІЖНАРОДНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ (ATICE'2025)

ОДЕСА, УКРАЇНА, 18 ЛИПНЯ 2025 Р.

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

ОДЕСА

2025

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
INTERNATIONAL HUMANITARIAN UNIVERSITY

INTERNATIONAL CONFERENCE

ADVANCED TECHNOLOGY

IN INFORMATION AND COMMUNICATION

ENGINEERING

(ATICE'2025)

ODESA, UKRAINE, JULY 18, 2025

CONFERENCE PROCEEDINGS

ODESA

2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ
В ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІЙ
ІНЖЕНЕРІЇ
МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Одеса, Україна, 18 липня 2025 р.



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
INTERNATIONAL HUMANITARIAN UNIVERSITY**

**International Conference “Advanced Technology in
Information and Communication Engineering”
(ATICE’2025)**

Odesa, Ukraine, July 18, 2025

Conference Proceedings



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Міжнародна конференція «Передові технології
в інформаційно-комунікаційній інженерії»
(ПТІКІ'2025)**

Одеса, Україна, 18 липня 2025 р.

Матеріали конференції



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

International Conference “Advanced Technology in Information and Communication Engineering” (ATICE'2025): Conference Proceedings. Odesa : International humanitarian university, 2025, 123 p.

DOI:

Міжнародна конференція «Передові технології в інформаційно-комунікаційній інженерії» (ATICE'2025): Матеріали конференції. Міжнародний гуманітарний університет, 2025. – Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2025. – 123 с.

ISBN 978-617-554-582-9

Збірка містить праці Міжнародної конференції з інформаційних систем, технологій захисту інформації, використання сучасних інформаційних технологій в управлінні системами за різними галузями народного господарства.

Матеріали публікуються в авторській редакції.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова

КІВАЛОВ С.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

Співголови

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

Члени організаційного комітету

БЕРКМАН Л.Н. – д.т.н., проф., Державний університет телекомунікацій, м.Київ, Україна.

КЛИМАШ М.М. – д.т.н., проф., Національний університет «Львівська політехніка», м.Львів, Україна.

ЛЕМЕШКО А. В. – д.т.н., проф., Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна.

РОЗЕНВАССЕР Д.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

РИХЛІК А. – к.т.н., Лодзький технічний університет, м.Лодзь, Польща

СЕМЕНКО А.І. – д.т.н., проф., Національний авіаційний університет, Київ, Україна.

СІМЕНС Е. – д.т.н., проф., Анхальтський університет прикладних наук, м.Кетен, Німеччина.

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СУНДУЧКОВ К.С. – д.т.н., проф., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна.

РЕДАКЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

РОЗЕНВАССЕР Д.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

КОМІТЕТ МІЖНАРОДНИХ ЗВ'ЯЗКІВ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

ГЛОБА Л. С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

ГРИГОР'ЄВА Т.І. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

ТЕХНІЧНО-ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ГЛОБА Л.С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

СЕКЦІЇ

СЕКЦІЯ 1. ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

СТРЕЛКОВСЬКА І.В. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

ГЛОБА Л.С. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ГРИГОР'ЄВА Т.І. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 2. КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

МІРОШНИК М.А. – д.т.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СОЛОВСЬКА І.М. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

РУСУ О.П. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 3. КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

ЛУНТОВСЬКИЙ А.О. – д.т.н., проф., Державна академія Саксонії «Беруфсакадемія», м. Дрезден, Німеччина.

ЙОНА Л.Г. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, Одеса, Україна.

МАНЬКО Д.Г. – д.ю.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 4. ЕЛЕКТРОННІ КОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

УРИВСЬКИЙ Л.О. – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м.Київ, Україна.

ЛЕМЕСЬКО А.В. – д.т.н., проф., Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, Україна.

ПЕДЯШ В.В. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 5. ІНФОРМАТИКА ТА ПРОГРАМУВАННЯ В ОСВІТІ

КУЧАЙ О.В. - д.п.н., проф., Національний університет біоресурсів і природокористування України.

ЖИГУЛІН О.А. – д.е.н., проф., Міжнародний гуманітарний університет, Одеса, Україна

ГОРБАЧОВ В.Е. – к.т.н., доц., Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса, Україна.

СЕКЦІЯ 1. ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ІНФОРМАТИКА

УДК 621.391

Стрелковська І.В., д.т.н., професор,

декан факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук

Міжнародний гуманітарний університет, Одеса, Україна

i.strelkovskaya@mgu.edu.ua

Золотухін Р.В., начальник департаменту програмування

ТОВ «Телекарт-Прилад», Одеса, Україна

zolutukhinrv@gmail.com

Стрелковська Ю.О., кандидат юридичних наук, доцент

Вортінгський коледж, 1 Сандітон Вей, Вортінг, BN14 9FD, Велика Британія.

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТРАФІКУ СТАНДАРТІВ STANAG 4677 ТА ADATP-36

Анотація. В роботі пропонується програмна реалізація імітаційного моделювання трафіку стандартів STANAG 4677 та AdatP-36 щодо оцінки показників якості обслуговування трафіку цих стандартів. Представлено реалізацію генератора проміжків часу між вимогами та механізму буферизації пакетів трафіку ультракороткохвильових радіостанцій. Програмна реалізація імітаційного моделювання дозволяє розрахувати: середній інтервал між вимогами на обслуговування трафіку, середню полосу пропускання, кількість втрачених в радіоканалі пакетів, кількість втрачених пакетів через переповнення буфера, кількість втрачених пакетів через надмірне знаходження пакетів в буфері, відсоток втрачених пакетів.

Автоматизовані системи управління (АСУ) з активним переміщенням користувачів низової ланки управління використовують протоколи стандартів STANAG 4677 та AdatP-36 як базовий механізм передачі інформації в низькошвидкісних мережах зв'язку [1-4]. На сьогоднішній день не існує математичних моделей або методів оцінки показників якості обслуговування трафіку цих стандартів, але створено узагальнену модель оцінки показників функціонування низькошвидкісних мереж зв'язку АСУ [2] та описано алгоритм роботи імітаційного моделювання радіомереж АСУ [1].

Метою роботи є програмна реалізація імітаційного моделювання трафіку стандартів STANAG 4677 та AdatP-36 щодо оцінки показників якості обслуговування трафіку цих стандартів.

Програмна модель трафіку стандартів STANAG 4677 та AdatP-36 в низькошвидкісних радіомережах АСУ відповідно до алгоритму роботи імітаційного моделювання трафіку протоколів JDSS та AdatP-36 в радіомережах АСУ [1, 2] передбачає реалізацію генератору інтервалів між вимогами та механізму буферизації пакетів трафіку. Реалізуємо генератор проміжків часу між вимогами на обслуговування для сервісу JDSS та AdatP-36 у вигляді структурного об'єкту програмування – класу, що дозволить створювати одразу декілька таких генераторів при імітаційному моделюванні. На рис. 1 показано лістинг програмного коду класу генератора.

Використання програмного коду, що показано на рис.1, дозволяє реалізувати генератор проміжків часу між вимогами за розподілом Вейбула з будь-якими параметрами k та λ . Такий підхід дозволяє використовувати цей генератор не тільки для імітації моделювання трафіку протоколів JDSS з AdatP 36, а й будь-який інший сервіс або протокол, в якому проміжки часу між вимогами на обслуговування підпорядковуються розподілу Вейбула [3]. В класі реалізовано три основні функції визначення:

- кількості пакетів за поточну секунду;
- кількості пакетів, що було створено цим генератором за весь час існування об'єкту;
- середнього часу надходження пакетів на обслуговування для цього генератора.

```
#include "weibullgenerator.h"

WeibullGenerator::WeibullGenerator(double k, double l) {
    kCoef = k;
    lCoef = l;
    weibullDist = new boost::random::weibull_distribution<>(kCoef, lCoef);
    timeCounter = 0.0;
    generatedPacketsCount = 0;
    timeSum = 0.0;
}

WeibullGenerator::~WeibullGenerator(){
    delete weibullDist;
}

int WeibullGenerator::getCountOfPacketsPerSecond(){
    int countOfPackets = 0;
    while(timeCounter < 1.0){
        double randomNumber = (*weibullDist)(rngDevice);
        timeSum+= randomNumber;
        generatedPacketsCount++;
        timeCounter+= randomNumber;
        countOfPackets++;
    }
    timeCounter-= 1.0;
    return countOfPackets;
}

int WeibullGenerator::getAllPacketsCount(){
    return generatedPacketsCount;
}

double WeibullGenerator::getAverageTimeBetweenPackets(){
    return timeSum/generatedPacketsCount;
}
```

Рисунок 1 – Лістинг програмного коду класу генератора проміжків часу між вимогами на обслуговування

Відповідно до робіт [1-4] та алгоритму роботи імітаційного моделювання трафіку протоколів JDSS та AdatP-36 в радіомереж АСУ [1] необхідно передбачити реалізацію механізму буферизації пакетів трафіку УКХ радіостанцій. Цей буфер повинен підтримувати можливість додавати та віддавати пакети трафіку з черги, перевіряти час знаходження пакетів в буфері та видаляти пакети, що приходять після переповнення максимального розміру цього буфера. На основі проведених досліджень в роботах [1, 4] бачимо, що буфер необхідно реалізовувати як чергу з алгоритмом заміщення FIFO (first in, first out). В якості елемента цієї черги пропонується розглянути структуру даних, елементами якої є розмір пакету даних та час знаходження в буфері. Час знаходженні в буфері буде дорівнювати нулю при додаванні цього пакету до буфера. На рис. 2 показано лістинг програмного коду класу буфера.

Використання програмного коду, що показано на рис.2, дозволяє реалізовувати механізм буферизації в УКХ радіостанціях з довільним розміром буфера та максимальним часом знаходження в черзі. Клас передбачає збереження будь-яких пакетів, що дозволяє використовувати цей буфер не тільки для трафіку протоколів JDSS з AdatP 36, а й будь-яких інших сервісів або протоколів. Щоб отримати показники функціонування буфера радіостанції в класі реалізовано п'ять основних функцій:

- додавання пакету в кінець черги буфера, якщо ж буфер переповнений, то функція повідомляє, що пакет втрачено;
- функція, яка визначає розмір наступного пакету для обслуговування;

- функція оновлення часу знаходження пакетів у буфері;
- функція визначення максимального часу знаходження пакетів в буфері;
- визначення кількості пакетів в буфері.

```
#include "buffer.h"

RadioBuffer::RadioBuffer(int timeoutBuffering, int maxBufferInBytes) {
    _timeoutBuffering = timeoutBuffering;
    _maxBufferSizeInBytes = maxBufferInBytes;
}

bool RadioBuffer::addPacketToBuffer(int packetSize){
    packetInBuffer tmp;
    tmp.bytesInBuffer = packetSize;
    tmp.timeInBuffer = 0;

    int currentBufferSize = 0;
    for(int i = 0; i < _buffer.size(); i++){
        currentBufferSize+=_buffer[i].bytesInBuffer;
    }
    if(currentBufferSize <= _maxBufferSizeInBytes){
        _buffer.push_back(tmp);
        return true;
    }else{
        return false;
    }
}

int RadioBuffer::getPacketFromBuffer(){
    if(_buffer.size() > 0){
        int packetSizeInFront = _buffer[0].bytesInBuffer;
        _buffer.pop_front();
        return packetSizeInFront;
    }else{
        return -1;
    }
}

void RadioBuffer::updateTimers(){
    for(int i = 0; i < _buffer.size(); i++){
        _buffer[i].timeInBuffer++;
    }
}

int RadioBuffer::checkTimeoutPackets(){
    int droppedPacket = 0;
    while(_buffer.size() > 0 && _buffer[0].timeInBuffer > _timeoutBuffering){
        droppedPacket++;
        _buffer.pop_front();
    }
    return droppedPacket;
}

int RadioBuffer::getBufferSize(){
    return _buffer.size();
}
```

Рисунок 2 – Лістинг програмного коду класу буферизації пакетів для обслуговування

Для проведення імітаційного моделювання трафіку стандартів STANAG 4677 та AdatP-36 необхідно ввести наступні вхідні дані:

- максимальну полосу пропускання в радіоканалі (кбіт/с), яка залежить від режиму роботи та виробника УКХ радіостанції;
- ймовірність втрати даних в каналі у відсотках (%);
- максимальний розмір буферу (кБайт);
- максимальний час знаходження пакету в буфері (с);
- кількість сервісів JDSS та AdatP-36.

Після опрацювання вхідних даних та проведення моделювання програма розраховує наступні вихідні дані:

- середній інтервал між вимогами на обслуговування трафіку;
- загальну кількість згенерованих пакетів;
- середню полосу пропускання;
- кількість пакетів у буфері на теперішній час;
- кількість втрачених в радіоканалі пакетів;
- кількість втрачених пакетів через переповнення буферу;
- кількість втрачених пакетів через надмірне знаходження пакетів в буфері;
- відсоток втрачених пакетів.

Проведено моделювання використавши вхідні дані для режиму роботи Fixed Frequency УКХ радіостанції [1-3]:

- максимальна полоса пропускання в радіоканалі – 97 кбіт/с;
- ймовірність втрати даних в каналі – 2 %;
- максимальний розмір буферу – 50 КБайт;
- максимальний час знаходження пакету в буфері – 4с;
- кількість сервісів JDSS та AdatP-36 – 10.

Результати моделювання при генерації 100000 пакетів показано на рис. 3. Червона лінія на графіку – це максимальна полоса пропускання, яка задана користувачем, синій графік – це згенерований трафік для 10 сервісів STAMAG 4677 та AdatP-36, фіолетовий графік – це трафік, що передається по радіоканалу з урахування буферизації і максимальної полоси пропускання.



Рисунок 3 – Результати імітаційного моделювання

На основі проведеного імітаційного моделювання з використанням програмної моделі трафіку стандартів STANAG 4677 та AdatP-36 в низькошвидкісних радіомережах отримуємо наступні результати:

- середній інтервал між вимогами на обслуговування – 0,095 с;
- середня полоса пропускання згенерованого трафіку – 91,1 кбіт/с;
- кількість втрачених в радіоканалі пакетів – 1415;

- кількість втрачених пакетів через переповнення буферу – 439;
- кількість втрачених пакетів через надмірне знаходження пакетів в буфері – 10995;
- відсоток втрачених пакетів – 12,9 %.

Неважко бачити, що найбільшу частину втрачених пакетів (рис.3) припадає на надмірне знаходження пакетів в буфері. Це означає, що радіоканал був зайнятий, щоб передавати дані з буферу. Для мінімізації втрат для даного моделювання необхідно зменшити кількість сервісів JDSS та AdatP-36 або підвищити полосу пропускання. Для підвищення полоси пропускання можна використати широкополосний режим роботи радіостанції, що підвищить її полосу пропускання в декілька разів.

Висновки

1. Запропоновано реалізацію класу генератора проміжків часу між вимогами на обслуговування за розподілом Вейбула, який дозволяє імітувати довільну кількість сервісів JDSS та AdatP-36 та розраховувати кількість пакетів за поточну секунду, кількість пакетів, що було створено цим генератором за весь час існування об'єкту та середній час надходження пакетів на обслуговування для цього генератора.

2. Запропоновано реалізацію класу буферу як чергу з алгоритмом заміщення FIFO, який дозволяє додавати та виймати пакети з черги буфера, розраховувати поточну кількість пакетів в буфері, кількість втрачених пакетів, що знаходяться занадто довго в черзі або втрачені через заповнення буферу.

3. Проведено імітаційне моделювання 100000 пакетів трафіку з використанням програмної моделі трафіку стандартів STANAG 4677 та AdatP 36 при режимі роботи радіостанції FF з 10 сервісами JDSS та AdatP-36. Визначено, що загальний відсоток втрат складає 12,9% (12 859 пакетів). Найбільшу частину втрат складає втрачені пакети через надмірне знаходження пакетів в буфері – 10995. Для мінімізації втрат для даного моделювання необхідно зменшити кількість сервісів JDSS та AdatP-36 або підвищити полосу пропускання, змінивши режим роботи УКХ радіостанції.

Література

1. Strelkovskaya, I., Zolotukhin, R. (2025). Simulation Modeling Algorithm of Low-Bandwidth Radio Network of Automated Control Systems. In: Dovgyi, S., Siemens, E., Globa, L., Kopyika, O., Stryzhak, O. (eds) Applied Innovations in Information and Communication Technology. ICAIT 2024. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 1338. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-89296-7_2, PP 17-33.
2. Стрелковська, І., Золотухін, Р., Григор'єва, Т. (2022). Узагальнена модель оцінки показників функціонування низькошвидкісних мереж зв'язку автоматизованих систем управління. Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології, 1(03), 153-168. <https://doi.org/10.36994/2788-5518-2022-01-03-09>.
3. Strelkovskaya I.V. Modeling of telecommunication components of automated control systems in low-bandwidth radio networks / I.V. Strelkovskaya, R.V. Zolotukhin, A.O. Makoganiuk // In: P. Vorobyenko, M. Ilchenko, I. Strelkovska. Current Trends in Communication and Information Technologies. Lecture Notes in Networks and Systems, 2021., Springer, Cham, DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-76343-5_9, P 150-170.
4. Strelkovskaya I., Zolotukhin R., “Research of low-bandwidth radionetworks QoS parameters” in Information and Telecommunication Sciences, International Research Journal, Volume 11, Number 1(20), January-June 2020, DOI: <https://doi.org/10.20535/2411-2976.12020.77-81.6>.