



ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

А. Сенік^[ORCID: 009-0000-0173-7678], Ю. Пиріг^[ORCID: 0000-0002-8973-4005], О. Шпур^[ORCID: 0000-0001-8156-8017]

Національний університет «Львівська політехніка», вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

Відповідальний за рукопис: Андрій Сенік (e-mail: andrii.d.senyk@lpnu.ua)

(Подано 01 Червня 2024)

В статті досліджено основні алгоритми моніторингу якості трафіку в системах масового обслуговування (СМО), які спрямовані на забезпечення стабільного та ефективного функціонування систем різного типу, таких як телекомунікаційні мережі, інтернет-сервіси, транспортні системи тощо. Проаналізовано основні аспекти моніторингу, такі як оцінка пропускну здатності, затримки та втрати пакетів, які впливають на якість оброблення користувацьких даних (QoS). Визначено особливості різних підходів до визначення якості обслуговування, залежно від особливості роботи СМО. Моніторинг якості обслуговування є необхідним компонентом управління складними системами, що дозволяє забезпечувати якість обслуговування для користувачів на належному рівні. Використання різних методів моніторингу, як активних, так і пасивних, дозволяє ефективно контролювати якість обслуговування, що сприяє ефективній роботі мережевих сервісів. Одним з ефективних інструментів для активного QoS моніторингу є вимірювання параметрів якості шляхом генерування тестових пакетів з подальшим аналізом їх проходження через мережу. В роботі досліджено алгоритм TWAMP (Two-Way Active Measurement Protocol), який дозволяє точніше вимірювати затримки та втрати пакетів в системах масового обслуговування. Запропоновано модифікований алгоритм моніторингу QoS на основі TWAMP, що поєднує гібридний підхід, адаптивне налаштування, інтелектуальне виявлення аномалій та прогнозування для забезпечення більш ефективного і точного моніторингу мережі. Проведено експериментальне дослідження, результати якого демонструють, що запропонований алгоритм дозволяє покращити якість обслуговування користувачів, підвищуючи точність виявлення аномалій в роботі СМО на 10-15%. Також модифікований алгоритм забезпечує меншу на 40% імовірність збоїв в роботі систем масового обслуговування, таким чином підвищуючи загальну їх продуктивність. На основі проведених досліджень зроблено висновки про переваги запропонованого алгоритму моніторингу на основі TWAMP для вирішення задач визначення аномалій в роботі СМО, зменшення імовірності збоїв та відмов у їх функціонуванні. Визначено, що запропонований підхід є актуальним для використання в сучасних інформаційно-комунікаційних системах різного типу для підвищення якості обслуговування користувачів.

Ключові слова: системи масового обслуговування, алгоритми моніторингу, QoS, TWAMP
УДК: 004.7

1. Вступ

Сучасні СМО, такі як телекомунікаційні мережі, Інтернет-сервіси та транспортні системи, повинні працювати стабільно та ефективно, для того щоб забезпечити високий рівень послуг користувачам. Основними аспектами, які впливають на якість обробки даних користувачів, є

пропускна здатність, затримка при передаванні, імовірність втрати пакетів тощо. Моніторинг цих параметрів є важливою частиною управління складними системами, яка дозволяє підтримувати належний рівень обслуговування користувачів. За допомогою різних методів моніторингу, як активних, так і пасивних, значення QoS можна контролювати, таким чином забезпечувати надійну роботу різних мережевих служб. Ефективним інструментом для активного моніторингу QoS є вимірювання параметрів якості за допомогою тестових пакетів та подальшого аналізу їх проходження через мережу. У статті досліджується алгоритм TWAMP, який дозволяє точно вимірювати затримки та втрати пакетів у великих СМО.

Крім проведеного аналізу існуючих методів моніторингу якості обслуговування, у статті також пропонується вдосконалений алгоритм на основі TWAMP, який передбачає використання гібридних методів, інтелектуальне виявлення та прогнозування аномалій. Проведені експериментальні дослідження демонструють, що запропонований алгоритм дозволяє забезпечити ефективніший та точніший моніторинг, підвищити якість обслуговування користувачів, зменшити кількість збоїв та відмов, підвищити загальну продуктивність СМО [1-5].

2. Аналіз проблем та постановка задачі досліджень

Моніторинг якості обслуговування в СМО є важливим завданням для забезпечення надійної та ефективної роботи їх мережевих служб. Проте існує ряд проблем, які ускладнюють цей процес. Проблеми моніторингу якості обслуговування:

1. Висока складність структури мережі, оскільки сучасні СМО складаються з багатьох взаємодіючих компонентів, які збільшують складність процесів збору та аналізу даних про якість обслуговування.

2. Динамічні зміни в мережевому трафіку, наприклад такі як пікове навантаження або зміна топології, можуть негативно вплинути на показники якості обслуговування та точність вимірювання параметрів.

3. Несумісність між методами активного і пасивного моніторингу, оскільки активні методи (наприклад TWAMP) проводять генерацію додаткових вимірювальних даних, які можуть вплинути на навантаження в мережі. Пасивні методи просто аналізують поточний трафік, проте цього може бути недостатньо для точного моніторингу QoS.

4. Складнощі при виявленні аномалій в мережевому навантаженні, які виникають через багато факторів впливу на якість обслуговування, включаючи несподівані події та зміни параметрів від часу.

5. Недостатня здатність передбачати проблеми в СМО та автоматично адаптуватися до нових умов для запобігання збоям.

Метою дослідження є розробка та впровадження вдосконаленого алгоритму моніторингу QoS на основі TWAMP, який дозволяє враховувати розглянуті вище проблеми, а також забезпечуватиме ефективний та точний моніторинг в СМО. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Аналіз існуючих методів моніторингу якості послуг, дослідження переваг та недоліків активних і пасивних підходів до моніторингу.

2. Поєднання активного і пасивного моніторингу для отримання кращого розуміння стану мережі та параметрів якості обслуговування.

3. Розроблення адаптивного алгоритму моніторингу, який передбачає змінну частоту сканування на основі поточного стану СМО.

4. Інтелектуальне виявлення дефектів, зокрема, використовуючи машинне навчання, для аналізу зібраних даних та точного виявлення аномалій.

5. Використання прогностичних моделей для передбачення потенційних проблем і автоматичного коригування налаштувань мережі з метою передбачення та запобігання збоїв у її роботі.

6. Дослідження та оцінка ефективності на основі проведених експериментальних досліджень для оцінки ефективності використання запропонованого алгоритму в СМО і порівняння його з існуючими методами.

Вирішення цих проблем допоможе розробити ефективні інструменти моніторингу QoS для забезпечення високоякісних послуг для користувачів в СМО, а також підвищення стабільності та ефективності надання мережевих послуг [6,7].

3. Основні поняття інтелектуальних алгоритмів моніторингу в СМО

Інтелектуальні алгоритми моніторингу відіграють важливу роль у забезпеченні якості обслуговування СМО. Це дозволяє автоматизувати процеси збору, аналізу та інтерпретації даних, які є критично важливими для підтримки стабільної та ефективної роботи сервісів. У цьому розділі розглянемо основні особливості інтелектуальних алгоритмів моніторингу.

Інтелектуальні алгоритми використовують методи штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання (МН) для автоматичного аналізу мережевих даних:

- МН означає алгоритми, які можуть вивчати наявні дані та потім робити прогнози або приймати рішення. У контексті моніторингу QoS в СМО МН можна використовувати як для виявлення аномалій та прогнозування трафіку, так і для автоматичної оптимізації мережевих налаштувань.

- ШІ інтелект є загальним терміном та визначає технології, які імітують здатність людини вирішувати проблеми. ШІ включає підсистеми для аналізу великих обсягів даних та швидкого прийняття рішень на їх основі.

Способи моніторингу QoS

Основні методи інтелектуального моніторингу QoS в СМО можна класифікувати наступним чином:

- Активний моніторинг, який передбачає створення тестових пакетів та аналіз їх передавання через мережу. Такі алгоритми можуть також використовувати технології ШІ для адаптивного налаштування параметрів сканування відповідно до стану системи.

- Пасивний моніторинг, за допомогою якого проводиться збір та аналіз реальних даних без створення додаткового навантаження на мережу. Використовуються різні інтелектуальні алгоритми для аналізу даних, що виявляють певні закономірності та аномалії.

Методи виявлення аномалій

Виявлення аномалій є одним із основних завдань інтелектуальних алгоритмів моніторингу в СМО. Зокрема, аномалії можуть вказувати на наявні проблеми в роботі мережі, такі як перевантаження, збої пристроїв та мережеві атаки. Основні методи виявлення аномалій:

- Класифікація, що означає визначення різних типів мережевого трафіку та виявлення відхилень від встановлених параметрів.

- Кластеризація, що передбачає групування схожих за певною ознакою даних для виявлення відхилень, які складно виявити при аналізі тільки одного параметра.

- Аналіз часових рядів – дослідження змін параметрів QoS протягом проміжку часу для того, щоб визначити загальні тенденції та аномальні відхилення від норми.

Передбачення на основі аналізу даних

Прогнозування дозволяє передбачити майбутній стан і потенційні проблеми СМО на основі аналізу великих даних. До основних методів прогнозування відносяться:

- Регресійний аналіз, що використовує наявні дані для моделювання залежностей між різними параметрами якості обслуговування.

- Нейронні мережі, які використовують складні моделі для вивчення нелінійних залежностей між даними і прогнозування змін.

Адаптивний алгоритм моніторингу

Адаптивні алгоритми автоматично змінюють свої параметри та налаштування на основі поточних умов мережі, забезпечуючи оптимальні значення QoS. Алгоритми інтелектуального

моніторингу повинні бути інтегровані з існуючими системами керування мережею та мати можливість масштабування для обробки великих обсягів даних у режимі реального часу, що включає:

- Інтерфейс прикладного програмування (API) для інтеграції з іншими системами.
- Розподілені обчислення, які передбачають використання кластерів серверів для обробки даних у великих системах.
- Хмарні технології забезпечують масштабованість та гнучкість для моніторингу великих розподілених СМО [8-10].

Інтелектуальний алгоритм моніторингу в СМО є потужним інструментом для забезпечення високої якості послуг. Це дає змогу автоматизувати аналіз даних, виявляти та прогнозувати аномалії, а також адаптуватися до мінливих процесів роботи, щоб забезпечити стабільність та ефективність мережевих служб. Впровадження таких алгоритмів у роботу СМО допомагає підвищити їх надійність та продуктивність, що є критично важливим у для ефективного оброблення даних користувачів. Основні компоненти СМО зображені на рис.1.

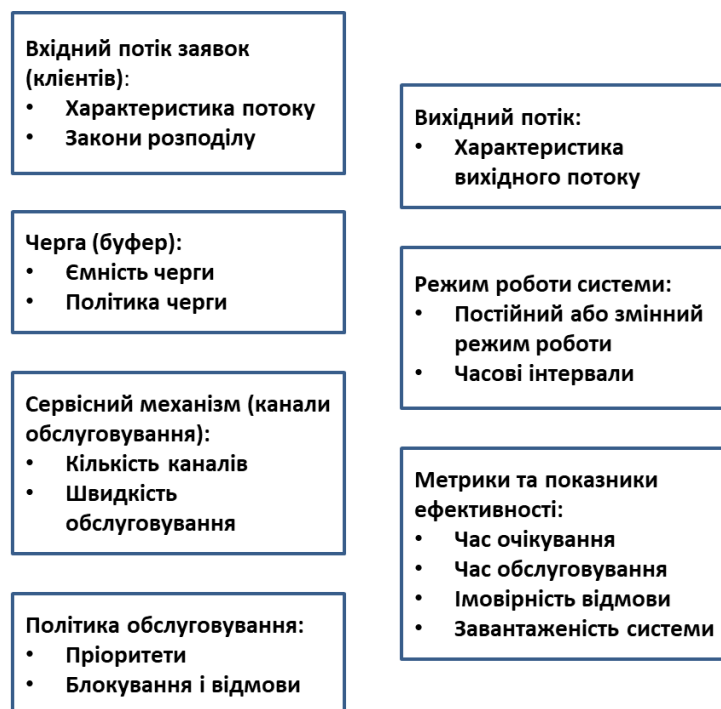


Рис.1. Основні компоненти СМО.

Гібридний підхід до моніторингу QoS поєднує в собі активні та пасивні методи для забезпечення більш повного та точного уявлення про стан мережі. Компоненти гібридного підходу:

1. Активний моніторинг на основі генерування тестових пакетів та вимірів, шляхом надсилання спеціально відформатованих пакетів через мережу. Також передбачається аналіз збоїв та втрат, оцінка часу передачі тестового пакета та кількості втрачених пакетів, щоб визначити якість з'єднання.

2. Пасивний моніторинг передбачає збір даних в реальному часі з мережевих пристроїв (таких як комутатори або маршрутизатори), щоб оцінити поточний стан мережі, не створюючи додаткового навантаження.

Переваги гібридних методів:

1. Комплексний аналіз, оскільки поєднання активних і пасивних методів дає більш повне розуміння параметрів роботи СМО.

2. Зменшення навантаження, оскільки можна використовувати активний моніторинг лише тоді, коли необхідно зменшити додаткове навантаження на мережу.

3. Підвищення точності виявлення проблем, інтелектуальні алгоритми можуть співвідносити активні та пасивні дані моніторингу для більш точного виявлення аномалій.

Виявлення аномалій

Інтелектуальні алгоритми виявлення аномалій використовують технології МН та ШІ для аналізу мережевих даних. Основні методи включають:

1. Навчання з вчителем, що передбачає використання даних з мітками для навчання моделі, яка може ідентифікувати відповідні та невідповідні зразки. Також використовують такі алгоритми, як дерева рішень і нейронні мережі для точнішої класифікації трафіку. Навчання із вчителем передбачає тренування в динамічних умовах зі зворотнім зв'язком, коли система отримує винагороду за правильну поведінку.

2. Навчання без вчителя означає виявлення невідомих аномалій на основі використання методів кластеризації та зменшення розмірності. Застосовують такі алгоритми, як k-середнє і метод головних компонент, щоб кластеризувати подібні дані та виявити відмінності.

Прогнозування та адаптація

Прогнозування майбутніх умов мережі та адаптація до змін є ключовими аспектами інтелектуальних алгоритмів моніторингу. Для цього використовують:

1. Методи лінійної та поліноміальної регресій для прогнозування змін у параметрах QoS.

2. Методи аналізу часових рядів, щоб передбачити майбутні значення параметрів на основі зібраних даних.

3. Статистичні моделі для оцінки ймовірності події на основі поточних даних.

Адаптація методів моніторингу може відбуватися наступним чином:

1. Використання інтелектуальних алгоритмів для автоматичного налаштування параметрів мережі в режимі реального часу, враховуючи поточний стан СМО.

2. Застосування алгоритмів, які аналізують можливості покращення роботи системи на основі вхідного зворотного зв'язку, таким чином змінюючи динамічні налаштування мережі.

3. Генетичні алгоритми та інші еволюційні методи для пошуку оптимальних рішень за невизначених умов.

Інтеграція інтелектуальних алгоритмів у СМО

Інтеграція інтелектуальних алгоритмів моніторингу у великі СМО вимагає врахування кількох важливих аспектів:

1. Алгоритм має бути сумісним з існуючою інфраструктурою та системами керування мережею.

2. Також алгоритми повинні бути масштабованими, щоб обробляти великі обсяги даних і забезпечувати високу продуктивність.

3. Забезпечення захисту даних і конфіденційності інформації є важливим аспектом під час впровадження інтелектуальних алгоритмів.

Інтелектуальні алгоритми моніторингу QoS у великих СМО дозволяють проводити автоматизований аналіз, виявлення аномалій, прогнозування та процесів адаптації. Реалізація таких алгоритмів може підвищити стабільність, продуктивність і надійність системи, що є вирішальним за умов сучасного стрімкого технологічного розвитку та підвищення вимог до якості обслуговування.

Алгоритм TWAMP для вимірювання QoS

Алгоритм TWAMP використовується для активного моніторингу параметрів якості обслуговування у СМО. Це дозволяє створювати тестові пакети та аналізувати їх під час проходження через мережу, вимірювати ключові параметри, такі як затримка та втрата пакетів.

TWAMP складається з двох основних компонентів:

1. TWAMP-Control – відповідає за встановлення сеансів між вимірювальними вузлами.

2. TWAMP-Test – фактично передає тестовий пакет і збирає дані під час його проходження.

Етапи вимірювання стандартів якості за допомогою TWAMP:

1. Налаштування сеансу:
 - Ініціалізація: вузол – ініціатор встановлює з'єднання з вузлом в мережі, який слід моніторити, і надсилає запит для початку сеансу роботи протоколу TWAMP.
 - Автентифікація та авторизація: два вузли обмінюються ключами для забезпечення надійності та конфіденційності при комунікації.
 - Налаштування: ініціатор та вузол в мережі узгоджують параметри тестового пакета, такі як частота передачі, розмір пакета та тривалість сеансу.
2. Передавання тестового пакету (TWAMP-тест):
 - Створення тестового пакету: ініціатор створює пакет, що містить позначку часу та іншу необхідну інформацію.
 - Передача пакетів: тестовий пакет надсилається від ініціатора до вузла в мережі і навпаки.
 - Збір даних: кожен вузол записує час надходження пакета даних і порівнює його з часом відправлення.
3. Аналіз даних:
 - Обчислення часу доступу: вимірюється в обох напрямках, що дозволяє визначити повний час передавання пакету.
 - Обчислення кількості втрачених пакетів на основі надісланих і отриманих пакетів.
 - Аналіз змін затримки пакетів, що є важливим параметром для програм реального часу, таких як VoIP.

Переваги використання TWAMP:

1. Забезпечує високоточні вимірювання затримки при передаванні та параметрів втрати пакетів, які є критичними для оцінки QoS.
2. Можливість вимірювання параметрів у двох напрямках (від та до ініціатора), що дозволяє отримати точніші дані про стан мережі.
3. Алгоритм підтримує автентифікацію особи та шифрування даних для забезпечення безпеки вимірювань.
4. TWAMP дозволяє налаштовувати різні параметри тестування, такі як розмір пакета та частота передачі, дозволяючи адаптуватися до різних умов мережі.

Приклади використання TWAMP:

1. Мережі зв'язку – вимірювання якості обслуговування при забезпеченні високоякісних послуг для аудіо- і відеодзвінків.
2. Мережеві служби – відстеження якості з'єднання для покращення роботи веб-сайтів та онлайн-сервісів.
3. Мережі підприємства – для забезпечення надійності розподілу ресурсів і послуг в мережі.

TWAMP – це потужний інструмент для проактивного моніторингу параметрів якості обслуговування мережі. Його використання дозволяє точно вимірювати час відповіді, втрату пакетів і зміну затримки передавання, що є критичним для підтримки високоякісного обслуговування користувачів. Завдяки своїй точності, безпеці та гнучкості TWAMP є надійним вибором для моніторингу QoS у різних типах СМО.

Основні компоненти модифікованого алгоритму моніторингу

Модифікований алгоритм на основі TWAMP поєднує гібридний підхід, адаптивне налаштування та інтелектуальне виявлення аномалій для більш ефективного моніторингу QoS. Цей гібридний підхід поєднує активний моніторинг за допомогою TWAMP із пасивним збором даних, щоб отримати повну інформацію про роботу мережі. Адаптивна зміна частоти моніторингу, керована алгоритмами машинного навчання, забезпечує оперативну реакцію на зміни мережі та прогнози навантаження. Інтелектуальне виявлення аномалій використовує вдосконалену технологію машинного навчання для швидкого й точного виявлення аномалій у мережевому трафіку, дозволяючи швидко реагувати на потенційні проблеми та покращувати як роботу користувача, так і загальну продуктивність системи [11, 12].

4. Дослідження та моделювання алгоритму моніторингу QoS на основі протоколу TWAMP

Характеристика проведених експериментів

Щоб вивчити ефективність покращеного алгоритму моніторингу QoS на основі протоколу TWAMP, застосовано гібридний підхід, який поєднує інтелектуальне виявлення та прогнозування аномалій, щоб забезпечити більш ефективний і точний моніторинг мережі:

- Вхідні дані, які використовуються для навчання моделі, включають різні параметри, які ідентифікують аномальні стани мережі: затримку і втрату пакетів, частоту з'єднання, кількість активних сеансів та інші показники QoS. Для більш точного аналізу дані стандартизуються, тобто переносяться в один показник або діапазон значень.

- Адаптивне налаштування кількості параметрів моделі, щоб оцінити їх вплив на результати. Було досліджено три різні конфігурації: з використанням параметрів 1, 5 і 10, які відображають потужність мережевого з'єднання в різні проміжки часу (1, 5 і 10 півгодинних інтервалів на день відповідно).

- Застосовано алгоритм моніторингу, щоб виявити аномалії в даних. Це дозволяє ефективно виявляти мережеві аномалії шляхом адаптації до змін у мережевому середовищі. Рівень похибки встановлено на рівні 0,05, що відповідає 5% від очікуваних аномалій.

- Для підвищення точності передбачення та адаптації до змін мережі використовується модель LSTM (Long short-term memory, довга короткочасна пам'ять) з 50 шарами. Модель була скомпільована за допомогою оптимізатора Adam. Кількість епох навчання рівна десяти, що забезпечує баланс між точністю та обчислювальною ефективністю.

- Модель навчання алгоритму реалізована на Python. Результати роботи алгоритму відображаються графічно, що дозволяє візуально оцінити ефективність і точність виявлення аномалій в різний час доби.

Попередні дослідження показували, що вплив кількості параметрів на продуктивність моделі може сильно відрізнятись. Збільшення кількості параметрів підвищує точність виявлення аномалій, але водночас може призвести до перенавчання моделі, що негативно позначається на її продуктивності в реальних умовах. Крім того, збільшення кількості параметрів зазвичай збільшує час обчислень, що необхідно враховувати при розгортанні алгоритму у великих мережах. Результати дослідження залежності коефіцієнта точності виявлення аномалій протягом доби для модифікованого алгоритму в порівнянні з не модифікованим зображена на рис.2.

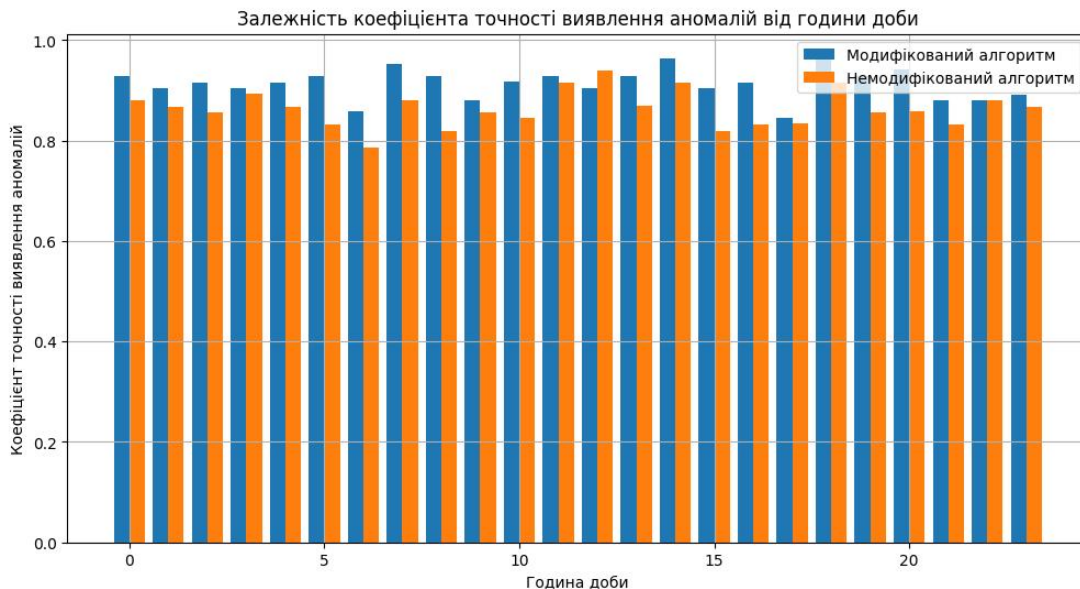


Рис.2. Залежність коефіцієнта точності виявлення аномалій протягом доби для модифікованого та немодифікованого алгоритмів моніторингу QoS

На рис.2 продемонстровано залежність коефіцієнта точності виявлення аномалії протягом доби для модифікованого та немодифікованого алгоритмів моніторингу QoS. Основні висновки з даного дослідження:

1. Порівняно з немодифікованим алгоритмом, модифікований показав вищу точність у виявленні аномалій протягом більшої частини дня. Це підтверджує ефективність гібридних методів моніторингу, їх адаптивного налаштування та інтелектуального виявлення аномалій.

2. Модифікований алгоритм відображає більш стабільні результати протягом дня з меншими змінами в точності. Це доводить його здатність адаптуватися до різних умов мережі та забезпечувати стабільну якість моніторингу.

3. У години пік (наприклад, 10:00-15:00) модифікований алгоритм також має вищу точність, що має вирішальне значення для підтримки якості обслуговування користувачів у години пік.

4. Навантаження на мережу зазвичай низьке в нічний період (00:00-05:00), і обидва алгоритми показують високу точність. Однак модифікований алгоритм все ж демонструє кращі результати за немодифікований, підтверджуючи його перевагу навіть при невеликих навантаженнях.

5. Застосування алгоритму моніторингу на основі TWAMP дозволяє підвищити загальну точність виявлення аномалій і забезпечити більш надійний моніторинг мережі, що покращує якість обслуговування користувачів і зменшує ймовірність збою.

Загалом з рис.2 зрозуміло, що модифікований алгоритм має значні переваги перед немодифікованим алгоритмом, особливо за умов змінного навантаження на мережу. Це підкреслює важливість використання сучасних методів моніторингу QoS для забезпечення стабільної та ефективної роботи великих сервісних систем. Залежність імовірності збоїв протягом доби для модифікованого та немодифікованого алгоритмів зображена на рис.3.

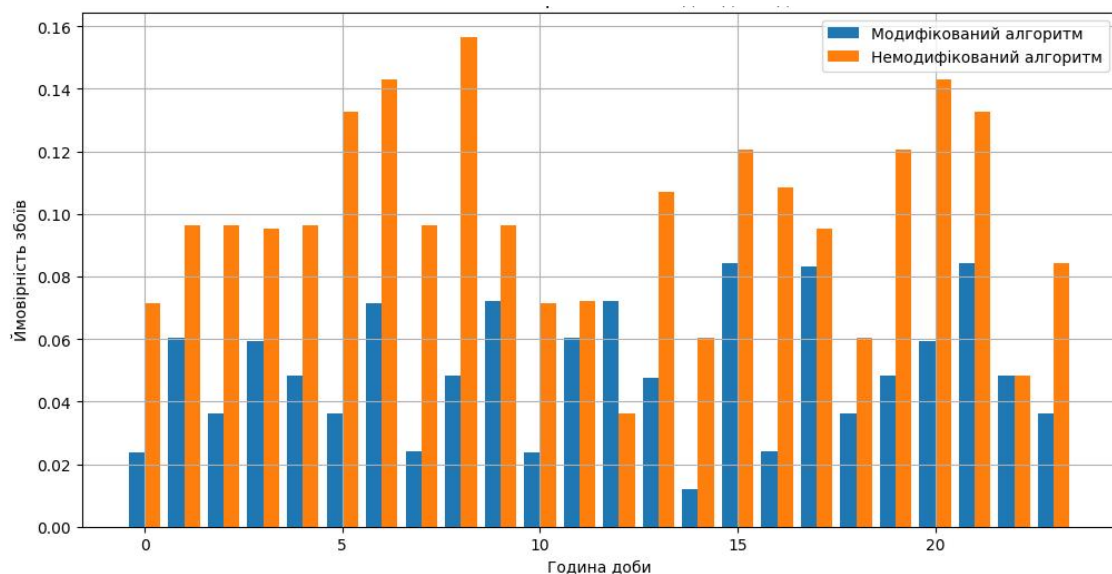


Рис.3. Залежність коефіцієнта імовірності збоїв протягом доби для модифікованого та немодифікованого алгоритмів моніторингу QoS

Згідно рис.3, для модифікованого алгоритму коефіцієнт імовірності відмови в обслуговуванні СМО протягом доби становить приблизно 0,02-0,10, що становить менше значення порівняно з немодифікованим протягом більшої частини дня. Це може означати, що модифікований алгоритм більш ефективний у виявленні аномалій і знижує ймовірність збою системи. Для немодифікованого алгоритму коефіцієнт імовірності відмови протягом дня становить приблизно 0,04-0,16, це означає вищу ймовірність збою для майже кожної години дня порівняно з модифікованим. Це вказує на погане виявлення аномалій, що призводить до збільшення кількості збоїв. Протягом певних періодів часу обидва алгоритми мають приблизно однакову ймовірність збою, проте зазвичай відмінності суттєві.

Отже, модифікований алгоритм моніторингу QoS в СМО на основі TWAMP дозволяє ефективніше виявляти аномалії, тим самим зменшуючи імовірність збоїв системи. Такий алгоритм доцільно використовувати в СМО, де збої повинні бути мінімізовані. Немодифікований алгоритм демонструє високу ймовірність відмови, що може свідчити про те, що він недостатньо ефективний у виявленні аномалій. Загалом результати досліджень показали перевагу модифікованого алгоритму при отриманні точних та надійних результатів моніторингу.

Висновки

В статті проведено дослідження алгоритмів моніторингу якості обслуговування в СМО, проаналізовано існуючі методи моніторингу, їх переваги і недоліки. Запропоновано модифікований алгоритм моніторингу на основі TWAMP, що передбачає адаптивне налаштування параметрів для інтелектуального виявлення аномалій та прогнозування збоїв. Визначено, що запропонований алгоритм повинен забезпечувати більш ефективний та точний моніторинг СМО.

На основі аналізу проведених досліджень зроблено висновки щодо точності алгоритму моніторингу виявлення аномалій та ймовірності збоїв або відмов системи масового обслуговування. Загальний коефіцієнт точності виявлення аномалій для модифікованого алгоритму коливається від 0,85 до 0,95, середня точність – близько 0,90. Для немодифікованого алгоритму загальний коефіцієнт точності виявлення аномалій знаходиться в межах від 0,75 до 0,85, середня точність близько 0,80. Точність модифікованого алгоритму покращено приблизно на 10-15% порівняно з немодифікованим алгоритмом.

Коефіцієнт імовірності збою СМО для модифікованого алгоритму коливається від 0,02 до 0,1, середнє значення становить близько 0,06. Для немодифікованого алгоритму це значення коливається від 0,04 до 0,16, а середнє становить близько 0,1. Таким чином, у порівнянні з немодифікованим алгоритмом модифікований знижує ймовірність відмови приблизно на 40%.

На основі отриманих результатів зроблено висновок, що модифікований алгоритм виявлення аномалій демонструє підвищення точності на 10-15% виявлення аномалій порівняно з немодифікованим. Також запропонований алгоритм підвищує надійність системи, знижуючи ймовірність збоїв роботі СМО на 40%. Таким чином, використання вдосконаленого алгоритму моніторингу є доцільним та ефективним для забезпечення вищої точності виявлення аномалій та зменшення ймовірності серйозних збоїв у СМО.

Список використаних літературних джерел

- [1] T. Li, T. He, Z. Wang and Y. Zhang, "An Approach to Iot Service Optimal Composition for Mass Customization on Cloud Manufacturing," in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 50572-50586, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2869275.
- [2] D. Kong, M. Li and W. Zheng, "To Identify Technology Frontier for Mass-Customized Production Service Converged with Artificial Intelligence Based on Patent Data Mining," *2018 15th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*, Hangzhou, China, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICSSSM.2018.8464972.
- [3] Y. Kawakami, H. Kawata, T. Kubo, N. Yasuhara, S. Yoshihara and T. Yoshida, "Applying Time-aware Shaper Considering User Identifier to Service Provider Network," *2022 IEEE 19th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*, Las Vegas, NV, USA, 2022, pp. 505-506, doi: 10.1109/CCNC49033.2022.9700587.
- [4] Y. Lina and Y. Xiuming, "Design of Intelligent Pest Monitoring System Based on Image Classification Algorithm," *2020 3rd International Conference on Control and Robots (ICCR)*, Tokyo, Japan, 2020, pp. 21-24, doi: 10.1109/ICCR51572.2020.9344213.
- [5] Y. Wang and D. Luo, "Design of Carbon Emission Accounting and Monitoring System Based on Artificial Intelligence Algorithm," *2023 International Conference on Evolutionary Algorithms and Soft Computing Techniques (EASCT)*, Bengaluru, India, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/EASCT59475.2023.10393747.
- [6] J. Yin et al., "Intelligent Monitoring of Power System Electricity Consumption Based on Isolation Forest Algorithm," *2023 3rd International Conference on New Energy and Power Engineering (ICNEPE)*, Huzhou, China, 2023, pp. 1051-1054, doi: 10.1109/ICNEPE60694.2023.10429584.

- [7] H. Yang, H. Yan and C. Dong, "Web Service QoS Prediction via Exploiting Location and Trustworthy Information," 2019 3rd International Conference on Electronic Information Technology and Computer Engineering (EITCE), Xiamen, China, 2019, pp. 1957-1961, doi: 10.1109/EITCE47263.2019.9094937.
- [8] X. Luo, J. Xie, L. Xiong, Z. Wang and C. Tian, "3-D Deployment of Multiple UAV-Mounted Mobile Base Stations for Full Coverage of IoT Ground Users with Different QoS Requirements," in *IEEE Communications Letters*, vol. 26, no. 12, pp. 3009-3013, Dec. 2022, doi: 10.1109/LCOMM.2022.3205722.
- [9] M. Patil and M. Chawhan, "Improvement of QoS Parameters using FAN Shaped Clustering Method," 2022 6th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, Coimbatore, India, 2022, pp. 800-803, doi: 10.1109/ICECA55336.2022.10009497.
- [10] C. Kocak and K. Zaim, "Performance measurement of IP networks using Two-Way Active Measurement Protocol," 2017 8th International Conference on Information Technology (ICIT), Amman, Jordan, 2017, pp. 249-254, doi: 10.1109/ICITECH.2017.8080008.
- [11] N. Soumyalatha, R. K. Ambhati and M. R. Kounte, "Performance evaluation of ip wireless networks using two way active measurement protocol," 2013 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), Mysore, India, 2013, pp. 1896-1901, doi: 10.1109/ICACCI.2013.6637471.
- [12] Y. -C. Lai, J. -D. Jhan, W. -C. Yang, F. -H. Kuo and T. -C. Shih, "Quality of Service Measurement Mechanism of Cloud-Based Network Architecture," 2019 20th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), Matsue, Japan, 2019, pp. 1-4, doi: 10.23919/APNOMS.2019.8893126.

STUDY OF THE INTELLIGENT MONITORING ALGORITHM OF QOS IN THE MASS SERVICE SYSTEMS

Andriy Senyk, Yulia Pyrih, Olha Shpur

Lviv Polytechnic National University, S. Bandery Str., 12, 79013, Lviv, Ukraine

The main algorithms for monitoring the quality of traffic in mass service systems (MSS) were examined in the paper, which is aimed at ensuring the stable and efficient functioning of various types of systems, such as telecommunication networks, Internet services, transport systems, etc. The main aspects of monitoring, such as the assessment of throughput, delays, and packet loss, which affect the quality of user data processing (QoS), were analyzed. The features of various approaches to determining the quality of service were determined, depending on the specifics of the work of the MMS. Monitoring the quality of service is a necessary component of managing complex systems, which allows to ensure the quality of service for users at the appropriate level. The use of various monitoring methods, both active and passive, allows to effectively control the quality of service, which contributes to the effective operation of network services. One of the effective tools for active QoS monitoring is the measurement of quality parameters by generating test packets followed by an analysis of their passage through the network. The TWAMP (Two-Way Active Measurement Protocol) algorithm was investigated in the paper, which allows for more accurate measurement of packet delays and losses in mass service systems. A modified QoS monitoring algorithm based on TWAMP was proposed, which combines a hybrid approach, adaptive tuning, intelligent anomaly detection, and prediction to ensure more efficient and accurate network monitoring. An experimental study was conducted, the results of which demonstrate that the proposed algorithm improves the quality of user service, increasing the accuracy of detecting anomalies in the operation of the MMS. Also, the modified algorithm ensured a lower probability of failures in the operation of mass service systems, thus increasing their overall productivity. Based on the conducted research, conclusions were drawn about the advantages of the proposed TWAMP-based monitoring algorithm for solving the problems of identifying anomalies in the operation of the MMS, reducing the probability of failures and failures in their functioning. It was determined that the proposed approach is relevant for use in modern information and communication systems of various types to improve the quality of user service. The modified algorithm can be used in MSS to improve the level of QoS.

Keywords: mass service systems, monitoring algorithms, QoS, TWAMP