

Кропивницька В.Б.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Кропивницький В.Р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГУ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ІНТЕРНЕТ З'ЄДНАННЯ

Незважаючи на розвиток нових технологій, тести швидкості залишаються мало змінними, що створює розрив між очікуваннями користувачів та реальною якістю мережі, чим і пояснюється актуальність розробки програмного забезпечення, яке відповідає потребам користувача, дозволяє оцінити показники якості мережі Інтернет з врахуванням зростання трафіку та національних стандартів України ДСТУ ETSI EG 202057-4:2021 та COV 61-34620942-011:2012. Здійснено аналіз ключових параметрів, таких як швидкість завантаження та вивантаження даних, затримка, втрата пакетів та стабільність з'єднання, що дозволяє користувачам отримувати точну інформацію про стан мережі. Це допомагає оперативно виявляти та усувати проблеми, забезпечуючи надійний і швидкий доступ до Інтернету.

Програмне забезпечення реалізовано на платформі .NET з використанням бібліотеки React і бази даних на клієнт-серверній архітектурі. Записи про звернення клієнтів стосовно перевірки якості Інтернет-зв'язку зберігаються в реляційній базі даних, з використанням декларативної мови SQL і системи управління базою даних PgAdmin 4. У даній статті представлені дві блок-схеми, які описують алгоритми виконання головних функцій у програмі для тестування якості Інтернет-зв'язку. Описано клієнт-серверну архітектуру проекту, що складається з двох частин: API, розміщеного на віддаленому сервері, який містить методи для взаємодії з клієнтською частиною програми, та інтерфейсу клієнта, який встановлюється на комп'ютері-клієнті та містить сторінки для налаштування, тестування та перегляду звітів. Продемонстровано можливості розробленого додатку на прикладі проведеної сесії тестування, яка складалась з 6 сеансів. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, можливість формувати звіти різних типів та висока надійність розробленого програмного забезпечення робить його корисним як для звичайних користувачів, так і для провайдерів Інтернет-послуг.

Ключові слова: Інтернет з'єднання, програмне забезпечення, база даних, швидкість передавання даних, показники якості, тестування.

Постановка проблеми. Війна підкреслила надзвичайну важливість збереження доступу до мережі Інтернет. Це дозволяє людям отримувати свіжі новини, зв'язуватися з близькими та переконатися, що вони в безпеці. Крім того, багато професій не вимагають особистої присутності, поширеним є можливість роботи на віддаленому доступі. Тому наявність якісного зв'язку в мережі Інтернет сьогодні має важливе значення. Для оцінки загальної якості зв'язку Інтернету і визначення того, наскільки ефективно працює мережа важливими є такі параметри: швидкість передачі даних, затримка або латентність, втрата пакетів, стабільність з'єднання, пропускна здатність [1; 2].

Основною характеристикою підключення до глобальної мережі є швидкість інтернет-з'єднання. Від неї залежить, який обсяг інфор-

мації за одиницю часу абонент отримує на свій пристрій. Оскільки, користувач не тільки завантажує інформацію з Інтернету, а й вивантажує її в мережу, тому швидкість інтернету поділяється на дві підхарактеристики [3]: швидкість завантаження – характеристика, що означає, з якою швидкістю абонент отримує інформацію та швидкість передачі – пропускна здатність вихідного трафіку. Зазвичай значення обох цих характеристик різне: швидкість завантаження вище швидкості передачі даних.

На якість зв'язку та швидкість передачі даних впливає таке негативне явище як втрата пакетів. Причиною цього може бути перевантаження мережі, переповнення буферів або проблеми на маршруті, такі як несправне обладнання, переривання ліній зв'язку або інші технічні проблеми.

Втрата пакетів може призвести до необхідності повторної передачі деяких даних, що зменшує швидкість з'єднання та призводить до збільшення затримок при передачі даних.

Такий показник як стабільність з'єднання може бути визначений за допомогою різних параметрів, які включають втрату пакетів, швидкість передачі даних та час відповіді мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загалом, тестування швидкості інтернету є важливим інструментом для забезпечення надійного та швидкого доступу до інтернету, як для індивідуальних користувачів, так і для бізнесу. На сьогоднішній день існує багато програм, які дозволяють оцінити швидкість та інші параметри Інтернет з'єднання. Проте тести швидкості майже не змінилися за останні два десятиліття, незважаючи на те, що з'явилися нові технології доступу підключення до Інтернету [4]. Зі збільшенням кількості людей, які користуються Інтернетом, зростає розрив між тестами швидкості та досвідом користувача щодо оцінки якості мережі. Як правило, кінцевий користувач оцінює ефективність функціонування мережі, враховуючи її пропускну здатність, проте ця характеристика є необхідною, але не достатньою. У багатьох випадках, користувачу потрібна «краща пропускну здатність», яка мінімізує затримку, втрату пакетів і т. д. [5].

В роботі [6] визначено вагомість показників за трьома рівнями та важливість їх експертної оцінки для визначення якості надання телекомунікаційних послуг, щоб вчасно усунути виявлені недоліки, основними з яких є: показники якості доступу до мережі передачі даних загального користування; показники якості послуг із передачі даних і доступу до Інтернету; показники якості обслуговування споживачів.

Різні державні, комерційні організації та звичайні користувачі використовують такі популярні методи вимірювання швидкості передачі даних як використання спеціальних утиліт, які дозволяють відправити тестові пакети даних між вузлами та виміряти час, необхідний для їх доставки [7] та на так звані тести швидкості Інтернету для вимірювання швидкості широкопasmового Інтернету [8, с. 72]. Прикладами таких програм є Fusion Connect Speed Test Plus, проводить перевірку мережі, завантажуючи та відвантажуючи дані з сервера на комп'ютер протягом 10 секунд; Cloudflare Speed Test – Застосунок, який дозволяє провести декілька сеансів тестування та визначити такі характеристики як: затримка реєстрації; затримка під час завантаження та відвантаження, тремтіння сигналу, коефіцієнт втрати пакетів та формує звіт у вигляді графіків; Fast.com – застосунок, що обчислює тільки такі показники як швидкість передавання даних та затримку та має обмеження за часом.

Розглянуті веб-застосунки мають деякий спільний функціонал, всі розглянуті системи дозволяють виміряти швидкість передавання даних та затримку. Проте дані системи мають ряд недоліків, так як вони не мають можливості вибрати сервер, не можна вибрати кількість потоків, не має можливості обрати тип інтерфейсу, у деяких відсутня можливість формування звітів у вигляді графіків чи файлів заданого формату. В таблиці 1 подано порівняльний аналіз деяких он-лайн сервісів вимірювання якості Інтернет зв'язку.

Отже, більшість тестів швидкості пропонують лише веб-інтерфейс, який вибирає сервер для тестування за замовчуванням, що ускладнює автоматичне виконання тестів з налаштуванням користувача. Крім того, незважаючи на додаткове навантаження, яке створюють різні рівні

Таблиця 1

Порівняльний аналіз програм тестування якості Інтернет з'єднання

Показник	Fusion Connect Speed Test Plus	Cloudflare Speed Test	Fast.com	Розроблюване ПЗ
Наявність стартової сторінки	-	+	-	+
Можливість вибору сервера	+	-	-	+
Обмеження часу/кількості тестувань	-	+	+	-
Декілька паралельних потоків	+	+	+	+
Можливість налаштувань користувача	-	+	-	+
Вимірювання швидкості з'єднання	+	+	+	+
Вимірювання затримки	+	+	+	+
Відсоток відмов	+	+	-	+
Тремтіння сигналу (джиттер)	+	+	-	+
Відсоток втрачених пакетів	+	-	-	+
Графічне представлення результатів	-	+	-	+

(наприклад, сам браузер) та динаміка навколишнього середовища (наприклад, мережеві затори), ці платформи відображають лише кілька простих метрик (наприклад, пропускна здатність завантаження/вивантаження) [9, с. 1]. Тому, без даних, що надають необхідний контекст, діагностувати першопричини погіршення продуктивності дуже складно.

Для вирішення цієї проблеми доцільно розробити програмне забезпечення, яке буде відповідати потребам користувача в мережі та вирішуватиме конкретні проблеми під час мережевого тестування, що реалізує спеціалізовану діагностику притаманну конкретному клієнту.

Постановка завдання. Метою роботи є розроблення програмного забезпечення, функціонал якого дозволить реалізувати автоматичне виконання, можливість індивідуального налаштування та глибокий аналіз веб-базованих тестів швидкості, формувати звіти в заданому форматі та зберігати дані тестування в архіві.

Виклад основного матеріалу. Перш за все, розроблене програмне забезпечення повинно відповідати таким цілям: забезпечення єдиного зручного інтерфейсу з можливістю його конфігурування під потреби користувача для виконання відтворюваних тестів на різних платформах, легке та детальне захоплення даних тесту з різних рівнів, проведення міжрівневого аналізу для надання всебічного огляду та збереження результатів тестів якості Інтернет зв'язку [9].

Для визначення показників та параметрів якості послуг із передачі даних і доступу до Інтернету було застосовано модель, яка має чотири рівні, що визначають основні критерії якості взаємодії кінцевого обладнання з мережею [10, с. 8]. Для оцінки якісних показників з'єднання в мережі Інтернет використовуються кількісні величини, які отримують шляхом моніторингу мережі, зокрема, фіксують загальну кількість звернень до окремої послуги та кількість успішних звернень. На основі методу статистичних випробувань та теорії ймовірності обчислюють потрібні параметри якості зв'язку згідно стандартів СОУ 61-34620942-011:2012 [10] і ДСТУ ETSI EG 202057-4:2021 [11].

Програмний додаток створено на платформі .NET з використанням бібліотеки React. Всі звернення клієнтів щодо перевірки якості Інтернет-зв'язку записуються і зберігаються в базі даних, що базується на клієнт-серверній архітектурі. У проекті використовується реляційна база даних, а для взаємодії з нею використовується декла-

ративна мова SQL і система управління базою даних – PgAdmin 4.

В базі даних повинні зберігатись дані, які користирувач має можливість записати сам, деякі дані формуються після того як буде створено запит до бази даних, а частина даних (параметри оцінки якості з'єднання мережі Інтернет) обчислюють за методикою, визначеною стандартом України [10] і записуються в базу даних для формування звітів. Тому, доцільно використати декілька таблиць:

- таблиця Engineer містить дані про фахівців, тобто співробітників, під акаунтом яких можуть проводити тестування користувачі;

- таблиця Provider містить дані про постачальників послуг, які надають доступ до Інтернету;

- таблиці Engineer і Provider використовуються при формуванні звітів;

- таблиця Server містить дані про віддалений сервер. Це одна з головних таблиць, в якій міститься інформація про сервер, що приймає дані і відправляє відповідь під час тестування;

- таблиця Session містить дані про один сеанс тестування;

- таблиця Ping містить дані про затримку між запитом та відповіддю;

- таблиця TestResult містить дані про одну сесію тестування, а саме швидкість завантаження/вивантаження даних, значення затримки, час реєстрації, час завантаження/відвантаження, коефіцієнт помилок, кількість втрачених пакетів та ін.

На основі розроблених таблиць було сформовано структуру бази даних (рис. 1), яка складається з 6 таблиць, пов'язаних зв'язками один до багатьох.

Згідно поставлених задач і цілей, програмне забезпечення повинне забезпечувати користувачу такі функціональні можливості:

1. Змінювати значення стандартів, яким має відповідати мережа.

2. Зберігати дані про різні сервери для проведення тестування.

3. Зберігати дані про різних фахівців, від імені яких буде проводитися тестування.

4. Обчислювати значення таких показників:

- відсоток успішних входжень у систему;

- час 80 % серед найшвидших входжень в систему;

- час 95 % серед найшвидших входжень в систему;

- максимальне значення швидкості завантаження;

- мінімальне значення швидкості завантаження;

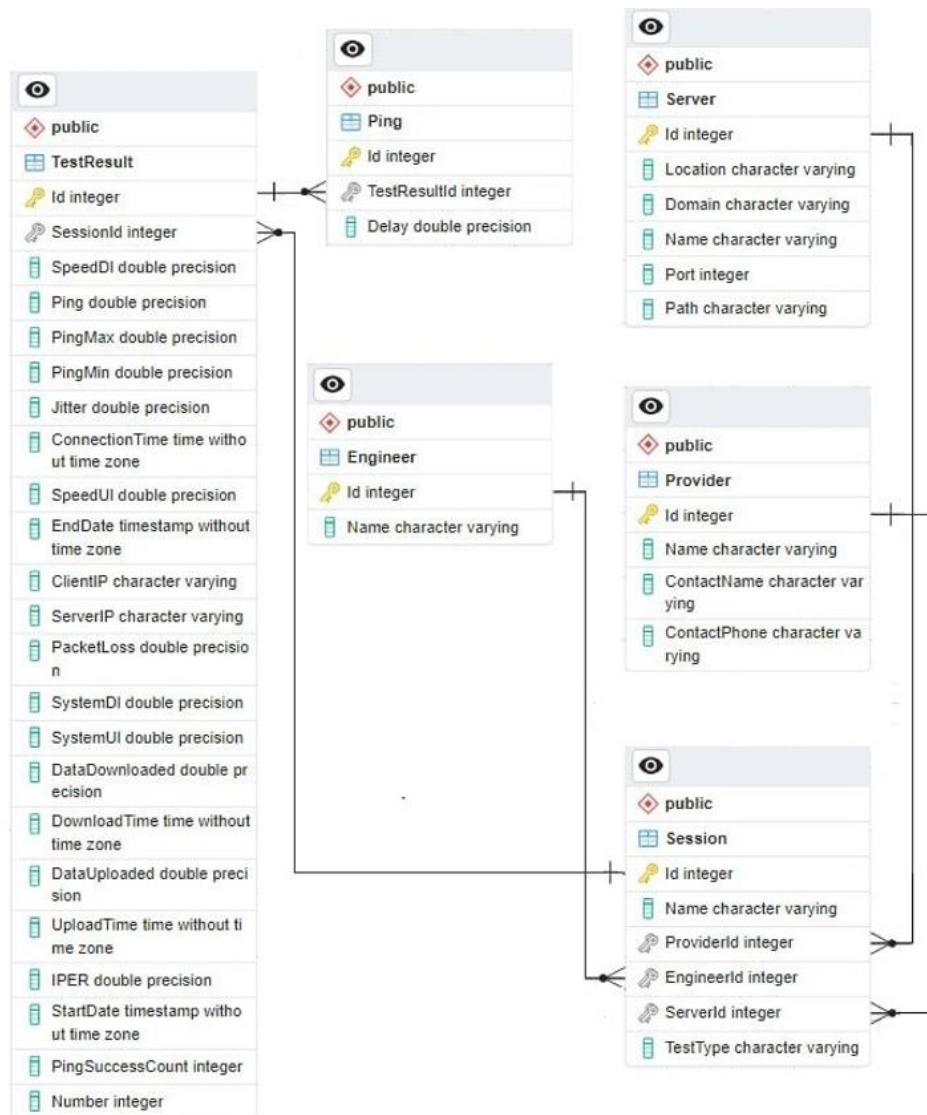


Рис. 1. Структура бази даних

- середнє значення швидкості завантаження;
- стандартний відхил швидкості завантаження;
- максимальнє значення швидкості вивантаження;
- мінімальнє значення швидкості вивантаження;
- середнє значення швидкості вивантаження;
- стандартний відхил швидкості вивантаження;
- середнє значення затримки;
- стандартнє відхилення затримки;
- відсоток відмов;
- відсоток реєстрації які відповідають нормам за часом реєстрації;
- відсоток незадовільних з’єднань за швидкістю передавання вивантажених даних;

- відсоток незадовільних з’єднань за швидкістю передавання завантажених даних;
- тремтіння сигналу;
- відсоток втрачених пакетів;
- відсоток помилок у пакетах.

5. Відобразити отримані результати тестування у вигляді графіків та звітів.

Для реалізації клієнтської частини було застосовано бібліотеку React. Для реалізації тестування були використані бібліотеки Stopwatch (в якості таймеру), httpClient (в якості механізму для тестування) та SignalR для можливості спостерігати за виконанням тестування у реальному часі. Зв’язок з базою даних встановлений за допомогою ODBC драйверу.

Всього, у проєкті реалізовано 3 алгоритми для збору інформації про мережу:

- визначення затримки, тремтіння сигналу, відсотку втрати пакетів, коефіцієнту помилок у пакетах (Ping);
- визначення швидкості завантаження даних (DownLoadTest);
- визначення швидкості вивантаження даних (UpLoadTest).

Серед них, два головних алгоритма, які збирають ключову інформацію, це є UpLoadTest та DownLoadTest. Оскільки вони доволі схожі по своїй структурі, розглянемо реалізацію алгоритму визначення швидкості вивантаження даних UpLoadTest (рис. 2).

Блок-схема (рис. 3) описує алгоритм виконання головної функції, яка викликається на початку тестування. Спочатку з файлу зчитуються дані про налаштування процесу тестування. Наступний крок – перевірка типу тестування, залежно від якого вибираємо різні класи, що реалізують один інтерфейс. Далі відбувається ініціалізація змінної класу, який містить функціонал для проведення тестування. Потім викликається функція проведення тестування після чого повертається результат.

Блок-схема (рис. 3), описує роботу алгоритму функції Start, яка викликається головною функцією та, безпосередньо, реалізує алгоритм тестування відвантаження даних з комп'ютера-клієнта на комп'ютер-сервер. Спочатку ініціалізується змінна класу Stopwatch, за допомогою якої проводиться відлік часу, протягом якого відбувається тестування. Після цього зчитуються дані про інтерфейс мережі, через який буде проводитися тестування. Далі розпочинається цикл, по кількості паралельних потоків, вибраних користувачем. У середині циклу, заповнюється список завдань (Task) тестування. Тобто на кожен потік створюється один сеанс тестування. Після закінчення циклу розпочинається відлік часу за допомогою функції Stopwatch() та розпочинається виконання усіх завдань (Task). Після відпрацювання усіх завдань тестування, відлік припиняється та функція повертає результат.

Проект має клієнт-серверну архітектуру та складається з двох частин.

1. API, що представляє собою програму, розміщену на віддаленому сервері, який у свою чергу виконує, роль комп'ютера, з яким буде утворений зв'язок для оцінки якості з'єднання. API містить всього три методи для взаємодії: Upload(), Download(int time) і DownloadFile(long fileSize).

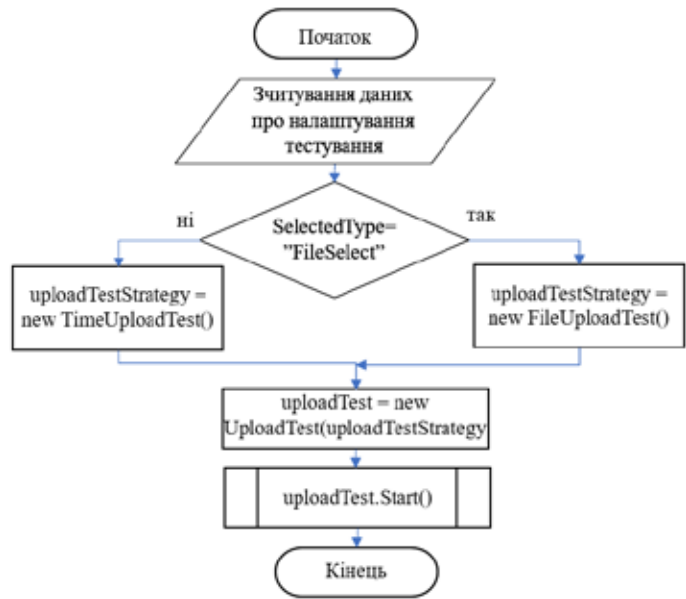


Рис. 2. Блок-схема функції UpLoadTest

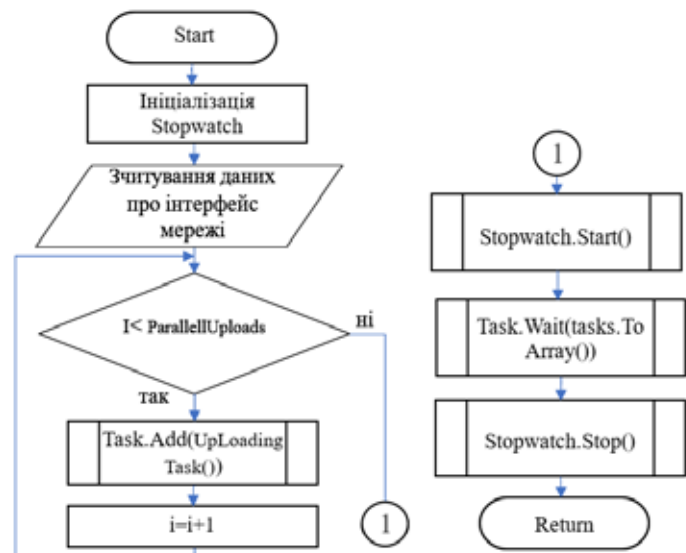


Рис. 3. Блок-схема функції Start

Метод Upload() викликається під час тестування відвантаження даних з комп'ютера-клієнта до віддаленого серверу. Метод Download() викликається під час тестування завантаження даних з віддаленого серверу до комп'ютера-клієнта. Параметр time відповідає за обмеження часу, протягом якого повинно відбуватися завантаження. Метод DownloadFile() викликається під час тестування завантаження цілого файлу з віддаленого серверу до комп'ютера-клієнта. Параметр fileSize відповідає за розмір файлу.

2. Інтерфейс клієнта, що представляє собою програму, яка встановлюється та розгортається на комп'ютері-клієнті у вигляді локального сайту.

Клієнтська частина (локальний сайт) містить три сторінки: «Налаштування», «Тест» і «Звіти».

Сторінка «Налаштування» дає можливість користувачеві налаштувати програму під свої потреби. Вона складається з шести вкладок: звіти, налаштування програми, встановлені рівні, сервери, постачальник послуг, фахівці (рис. 4). Вкладка «Налаштування програми» дозволяє користувачеві налаштувати тестування під свої потреби, вибрати тип тестування та виставити критерії, за яким оцінюють характеристики зв'язку.

Вкладка «Встановлені рівні» дозволяє встановити значення критеріїв, яким повинна задовольняти мережа відповідно до стандартів [5; 6].

У вкладці «Сервери» користувач вказує IP адресу сервера для проведення тестування, фізичне розташування (не обов'язково), шлях до ресурсу (не обов'язково) та порт для встановлення зв'язку.

На сторінці «Тест» відображається процес тестування якості Інтернет зв'язку між комп'ютером-

клієнтом та віддаленим сервером у режимі реального часу (рис. 5).

На рисунку 5 показано вікно, яке відображається при завершенні тестування. Показано, що було здійснено 1 сесію тестувань, в якій було 6 сеансів, кожен сеанс відбувався через проміжок часу в межах 30–40 с. Інформація відображається і в текстовому вигляді, і у вигляді графіків, що дає можливість візуально сприймати інформацію про швидкість завантажених та відвантажених даних, і порівняти дані показники.

Вкладка «Звіти» дозволяє користувачеві вибрати показники тестувань інтернет-зв'язку для відображення у звітах. Для цього передбачено два способи. Перший спосіб дозволяє переглянути інформацію про показники та параметри оцінки якості зв'язку в мережі Інтернет безпосередньо на сайті, другий спосіб передбачає можливість завантаження звіту та його збереження у файлі формату EXEL (рис. 6).

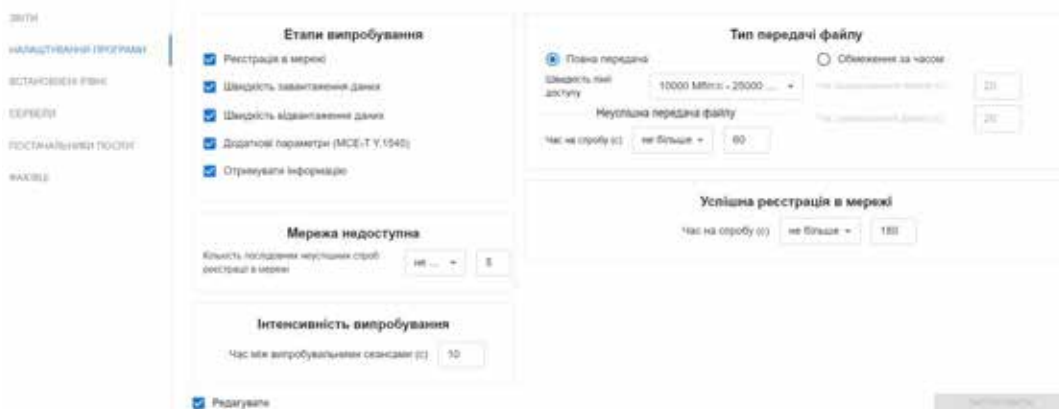


Рис. 4. Вкладка «Налаштування програми» сторінки «Налаштування»



Рис. 5. Закінчене тестування

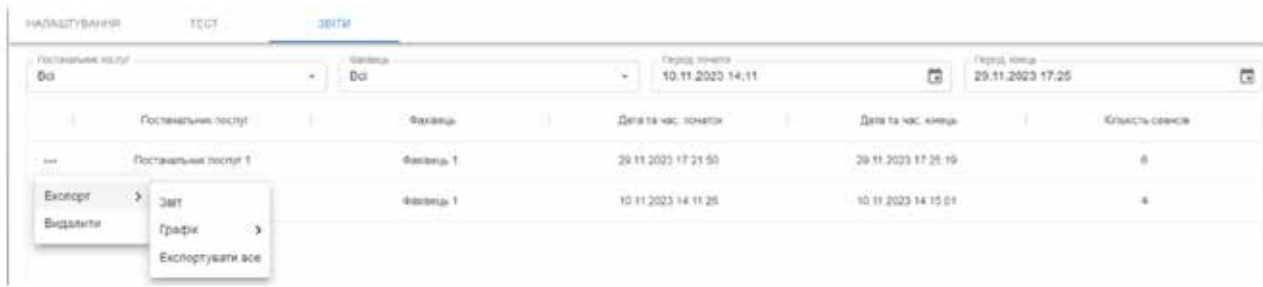


Рис. 6. Сторінка «Звіти»

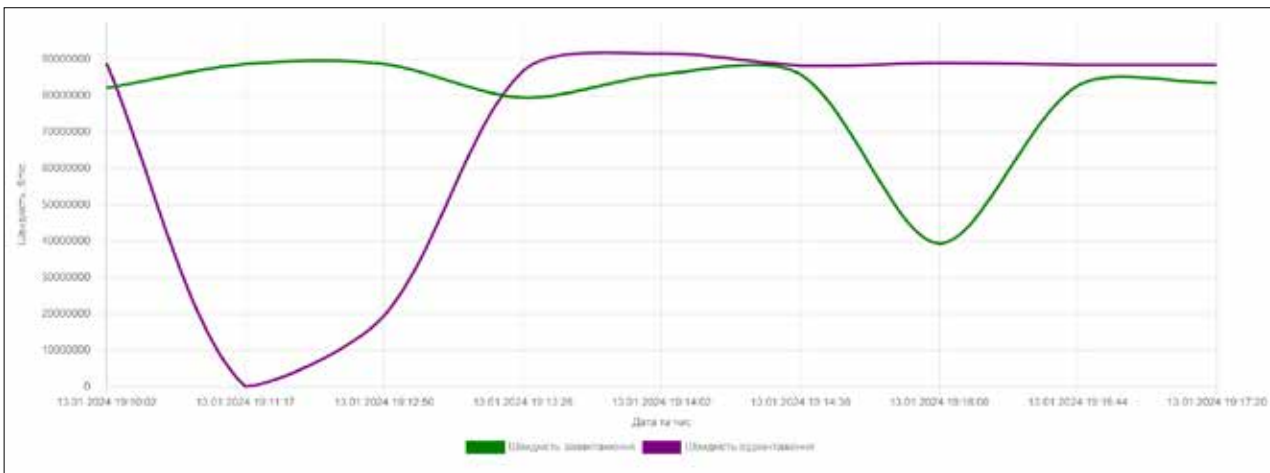


Рис. 7. Графік швидкості передавання даних

Звіт складається з трьох компонентів: загальний звіт, детальний звіт та графіки. Детальний звіт відображає лиш сирі дані, загальний звіт, обчислює відповідність зв'язку стандартам, встановленим на сторінці налаштування.

Також для більш точної оцінки якості з'єднання в мережі, програма здійснює обчислення основних параметрів якості Інтернет-зв'язку та відображає результат обчислень у графічному вигляді (рис. 7).

На даному рисунку зображені значення швидкості передавання даних протягом усього процесу тестування.

Висновки. У статті було виконано аналіз трьох популярних он-лайн сервісів вимірювання показників якості Інтернет з'єднання, на основі якого було визначено основні компоненти та функціонал програмного забезпечення для моніторингу та аналізу оцінки якості Інтернет зв'язку.

Було розроблено програмне забезпечення, що має клієнт-серверну архітектуру, продемонстровано можливості та зручність розробленого додатку, враховано, що вимірювання та оцінювання показників якості Інтернет зв'язку

відповідають методикам, затвердженим національними стандартами України ДСТУ ETSI EG 202057-4:2021 та СОУ 61-34620942-011:2012.

На основі зібраної інформації було визначено основні компоненти та функціонал розробленого додатку, що складається з кількох ключових компонентів, кожен з яких вирішує конкретні аспекти процесу тестування швидкості та інших показників:

1. Користувацький інтерфейс – надає зручний, уніфікований та конфігурований інтерфейс для виконання тестів на різних пристроях.

2. Модуль збору даних – дозволяє організувати збір даних і в фоновому, і в інтерактивних режимах роботи додатку з заданим кроком дискретизації.

3. Модуль аналізу та обробки даних – проводить крос-шаровий аналіз зібраних даних за методиками, визначеними національними стандартами України та інтегрує набір інструментів для автоматизації тестів оцінювання якості Інтернет з'єднання за заданими показниками.

4. Модуль формування звітів у зручному для користувача форматі.

Список літератури:

1. David Tuber. Measuring network quality to better understand the end-user experience. <https://blog.cloudflare.com/aim-database-for-internet-quality> (дата звернення 12.10.2023).
2. Показники якості послуг із передачі даних, доступу до Інтернету та їх рівні. *Офіційний сайт Верховної Ради України*. веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0135-13#n13> (дата звернення 5.05.2023).
3. Як вибрати задовільну швидкість інтернету. веб-сайт. URL: <https://www.infomir.com.ua/news/yak-vybraty-shvydkist-internetu/>
4. Типи і види інтернет з'єднання. <https://ipkey.com.ua/uk/faq/1092-internet-connection-types.html> (дата звернення 26.04.2023).
5. IAB Workshop Report: Measuring Network Quality for End-Users. URL: <https://datatracker.ietf.org/doc/rfc9318/> (дата звернення:18.06.2023)
6. Капелюшна Т. В., Дименко Р. А. ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ЯКОСТІ НАДАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ. *Ефективна економіка* : електронне наукове фахове видання, 2021. DOI: 10.32702/2307-2105-2021.8.94
7. Як перевірити швидкість з'єднання між вузлами мережі: інструкція та інструменти. веб-сайт. URL: <https://nadiia.home.cx.ua/ukraincyam/yak-perevirity-shvydkist-z-39-iednannya-mizh-vuzlami-merezhi-instrukciya-ta-instrumenti.html> (дата звернення 05.02.2024).
8. Nick Feamster, Jason Livingood. Measuring internet speed: current challenges and future recommendations. *Communications of the acm*. December 2020. Vol. 63. № 12. P. 72–80.
9. Ang, Rui & Mok, Ricky & Wu, Shuohan & Luo, Xiapu & Zou, Hongyu & Li, Weichao. (2022). Design and Implementation of Web-Based Speed Test Analysis Tool Kit. 10.1007/978-3-030-98785-5_4. P. 1–14.
10. СОУ 61–34620942–011:2012 «Телекомунікаційні мережі передачі даних загального користування. Телекомунікаційні послуги. Основні показники якості. Методи випробування». Київ, 2012. 45 с. (Адміністрація Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України).
11. Про прийняття та скасування національних стандартів. *Офіційний сайт Верховної Ради України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0522774-21#Text> (дата звернення 15.10.2023).

Kropyvnytska V.B., Kropyvnytskyi V.R. DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR MONITORING AND ANALYZING DATA TO EVALUATE INTERNET CONNECTION QUALITY

Despite the development of new technologies, speed tests remain unchanged, which creates a gap between user expectations and the real quality of the network, which explains the urgency of developing software that meets the needs of the user, allows to evaluate the quality indicators of the Internet, taking into account the growth of traffic and national standards of Ukraine DSTU ETSI EG 202057-4:2021 and SOU 61-34620942-011:2012. Key parameters has been analyzed such as upload and download speed, latency, packet loss, and connection stability, allowing users to get accurate information about the state of the network. This helps to quickly detect and fix problems, ensuring reliable and fast Internet access.

The software is implemented on the .NET platform using the React library and a database on a client-server architecture. Records of customer request related to checking the quality of Internet communication are stored in a relational database, using the SQL declarative language and the PgAdmin 4 database management system. This article presents two flowcharts that describe the algorithms for performing the main functions in the testing Internet connection quality. The client-server architecture of the project consists of two parts: an API that is located on a remote server, and contains methods for interacting with the client part of the application, and a client interface, which is installed on the client computer and contains pages for configuration, testing and viewing reports. The capabilities of the developed application are demonstrated on the example of the conducted testing session, which consisted of 9 sessions. An intuitive interface, the ability to generate various types of reports and high reliability of the developed software make it useful both for ordinary users and for Internet service providers.

Key words: Internet connection, software, database, data transfer rate, quality indicators, testing.