
СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

УДК 004.4; 656.022; 004.272

А.А. ЯРОВИЙ¹, Л.І. ТИМЧЕНКО², В.В. МУДРИК¹, М.С. МАТЕЙЧУК¹, О.О. МОРФІЯНЕЦЬ¹

ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ

¹ *Вінницький національний технічний університет,
21021, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, Україна,
тел.: +380 (432) 580019, E-mail: axa@vinnitsa.com*

² *Державний економіко-технологічний університет
транспортного,
03049, вул. Лукашевича, 19, Київ, Україна,
тел.: +380 (44) 4654280, E-mail: timchen@list.ru*

Анотація. В проведених дослідженнях проаналізовано способи підвищення продуктивності інтелектуально-комп'ютерних засобів підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку на основі застосування GPGPU технологій паралельних обчислень та технологій інтелектуального аналізу даних. Розроблено програмний засіб, призначений для обліку каналів транспортної мережі зв'язку.

Аннотация. В проведенных исследованиях проанализированы способы повышения производительности интеллектуально-компьютерных средств поддержки эксплуатации транспортной сети связи на базе применение GPGPU технологий параллельных вычислений и технологий интеллектуального анализа данных. Разработан программный продукт, предназначенный для учета каналов транспортной сети связи.

Abstract. The analysis of methods for performance improvement of intellectual-computer facilities of the transportation network exploitation support on the base of GPGPU technologies for parallel computing and Data Mining technologies is carried out. The software intended for channel accounting of telecommunication transportation network is developed on the base of scientific researches.

Ключові слова: транспортна мережа зв'язку, телекомунікації, кластеризація, GPGPU технології, operations support systems.

ВСТУП

До транспортної мережі зв'язку (ТМЗ), яка є базою надання послуг кінцевому користувачеві, завжди висувались вимоги надійності, продуктивності, керованості, масштабованості та здатності до розвитку. Тому паралельні та розподілені обчислення в межах кластерних комплексів на основі волоконно-оптичних ліній зв'язку та систем передачі інформації вже давно зайняли провідне місце у транспортних мережах. Але, з появою та широким розповсюдженням новітніх телекомунікаційних послуг, до ТМЗ висуваються нові вимоги високопродуктивності, швидкодії, мультисервісності та економічності, що спричинене комплексом прикладних проблемних аспектів, до яких, в тому числі, належить також і велика трудомісткість при виконанні робіт з обліку каналів зв'язку та характеристик працездатності обладнання. Зважаючи на вказані особливості, потрібно відзначити, що сучасною тенденцією розвитку ТМЗ є впровадження інноваційних технологій, і зокрема: застосування інтелектуально-комп'ютерних систем телекомунікацій, діагностики і контролю; організації високопродуктивних обчислювальних процесів в інтелектуалізованих системах та мережах; впровадження сучасних паралельно-ієрархічних технологій для покращення характеристик пропускну здатності існуючих транспортних мереж зв'язку, ефективної організації високошвидкісних магістральних каналів зв'язку, надання нових ширококутових сервісів, включаючи специфічні вимоги до

функціонування залізничних сервісів [1-3].

З метою інтенсифікації впровадження на залізницях України новітніх комп'ютерних технологій, інформаційних і автоматизованих керуючих систем і технологій активно здійснюються різноманітні науково-прикладні дослідження. Зокрема, Державним економіко-технологічним університетом транспорту спільно з Інститутом електродинаміки НАН України за участю фахівців Укрзалізниці була розроблена "Науково-технічна концепція створення корпоративної інтегрованої системи управління електричними мережами Укрзалізниці" і прийнята за основу напрямків розвитку автоматизації та інформатизації господарства електропостачання залізничного транспорту. В основу її концепції покладено нові принципи і сучасні методи синтезу інтегрованих інформаційних технологій, які забезпечують з єдиних інформаційних позицій: організацію моніторингу різних режимів роботи електричних мереж, оперативно-диспетчерське управління; діагностику силового електричного обладнання; управління споживанням електроенергії залізницями та іншими споживачами [1,2].

Для операторів транспортних мереж є ряд першочергових факторів при роботі із відповідними системами підтримки експлуатації ТМЗ, серед яких можна виділити найбільш пріоритетні: масштабованість, гнучкість, налаштовуваність. Адже лише співробітники служб експлуатації в деталях знають поточний стан устаткування, щодо фахівців відділів розвитку, – то лише вони адекватно оцінюють перспективи мережі. Необхідно відзначити, що на вітчизняному ринку програмної продукції на сучасному етапі існує досить велика кількість різноманітних програмних засобів, проте серед них лише невелика кількість орієнтованих на вирішення задач адміністрування та технічного обліку. У зв'язку із цим актуальною задачею є розробка спеціалізованих програмних продуктів у вказаній сфері. Особливо гостро існує потреба розроблення програмного забезпечення (ПЗ) для автоматизованих систем підтримки експлуатації вітчизняної транспортної мережі зв'язку. На основі проведеного аналізу програмних продуктів для вирішення вказаних задач у сфері телекомунікацій, необхідно зазначити, що на світовому ринку присутні близько 200 розробників OSS-рішень (Operations Support Systems), із них лише близько десяти у країнах СНД, зокрема однією із провідних на ринку є система «Кросс-Про» (ООО «SDL», Росія) [2,4-7]. Проте, дані програмні продукти мають певні недоліки та труднощі у впровадженні на вітчизняних підприємствах. На це впливають багато факторів, основними з яких є: мала кількість (або ж відсутність) представництв у нашій країні, що дещо знижує оперативність та якість сервісного обслуговування; достатньо дорога вартість пропонованого ПЗ, тощо. Також нерідко виникає ситуація, пов'язана із тим, що вітчизняна телекомунікаційна дійсність не завжди «задовольняє» зарубіжну ідеологію [2,8].

Зважаючи на вищевказане, у даній роботі досліджуються принципи розробки, функціонування та підвищення продуктивності автоматизованої системи підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку, а також акцентується увага на застосуванні додаткових функцій з обліку та визначення якості функціонування каналів та трактів транспортної мережі зв'язку з передачею інформації на робоче місце працівників центру керування.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є підвищення продуктивності інтелектуально-комп'ютерних засобів підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку на основі застосування GPGPU технологій паралельних обчислень та технологій інтелектуального аналізу даних.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ

На сучасному етапі розвитку телекомунікаційних мереж важливим фактором успіху є швидкість надання послуги замовнику [4,5]. Зокрема, одним із видів послуг, що надається оператором транспортної мережі є оренда каналів зв'язку. Варто відмітити, що залізниця має виняткові умови, для надання такого виду послуг, адже сполучає найважливіші населені пункти країни, і разом з тим є власником земельної ділянки, по якій проходять колії. Останній фактор значно полегшує прокладання кабельної мережі, тому що проект потребує меншої кількості організацій з якими треба його погоджувати. Виходячи з цих положень, для подальшого розвитку транспортної мережі необхідно, щоб послуга надавалась орендарю у найкоротший термін. Запорукою високої швидкості обробки замовлень є надійна та гнучка система інвентаризації технічної бази оператора (Resource/Inventory Management – у сучасній термінології) [5].

При розробці сучасних мереж фізичного рівня основна увага виробників приділяється керуванню безпосередньо мережею, а також обробці інформації та локалізації аварійних станів мережі. Такі операції зазвичай закріплені за центрами моніторингу і технічної підтримки (Operation and Maintenance Center – ОМС), які мають достатньо потужне програмне забезпечення, що надається виробником. Однак, виходячи з функцій, необхідних цим системам, а також структури побудови мереж

SDH та PDH такі програмні пакети не мають цілісної картини стану мережі. До того ж, для уникнення залежності від одного виробника, більшість операторів встановлюють на різних сегментах мережі обладнання різних виробників, що, інколи, робить інтеграцію подібних структур практично неможливою. Таким чином, маємо ситуацію, коли оператор має повну інформацію про стан та роботу сегменту мережі, проте, коли необхідно віднайти проходження якогось каналу через мережу оператора, то інженер має відкривати різні програмні пакети та переглядати маршрут в кожному сегменті мережі. У випадку надання послуги оренди каналу ситуація стає ще складнішою. Так як при отриманні заявки на оренду каналу між деякими пунктами інженер має перевірити наявність вільних каналів у кожному сегменті мережі. І врешті, може виявитись, що на певній ділянці технічної можливості прокладання каналу немає, і подібну операцію необхідно здійснювати спочатку [2-6].

В результаті проведених наукових досліджень проаналізовано існуючі методики, алгоритми та комп'ютерні засоби роботи автоматизованої системи підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку. На основі проведеного аналізу визначено загальний перелік системних вимог до проектування вказаної системи та подальшого її функціонування: контроль користувачів, із наданням певних обмежень, щодо їх груп; гнучкий пошук; можливості зберігання та завантаження бази даних; друк вибраних даних; можливість створення та завантаження резервної копії даних; ведення історії змін; при всіх вище наведених пунктах, потрібно враховувати специфічну логіку системи комунікацій та вимоги операторів [2].

В межах даного наукового дослідження розроблено програмний засіб, призначений для інформаційного забезпечення діяльності керівників, спеціалістів підприємств, операторів при експлуатації ТМЗ. При його впровадженні очікується скорочення трудових та фінансових витрат на обслуговування автоматизованої системи підтримки експлуатації ТМЗ за рахунок зменшення часу пошуку вільних каналів; підвищення безперервності роботи транспортної мережі залізничного транспорту за рахунок ефективного оброблення експлуатаційних даних про стан телекомунікаційного обладнання; зменшення паперових операцій при обміні даних між різноманітними службами; зменшення часу на обробку історії роботи обладнання, та історії зміни проходження каналів; підвищення якості роботи оператора, та повноти отриманих ним даних.

Розроблений програмний засіб виконано у вигляді конструктора, що використовує при моделюванні структури ТМЗ принципи об'єктно-орієнтованого підходу і являє інтерактивну систему обліку та адміністрування мережі. В якості ресурсів можуть використовуватися як прості, так і складні об'єкти, які мають ієрархічну та мережеву структуру, із великою кількістю елементів та зв'язків між ними [3,8,9].

У системі є два рівня моделі мережі: віртуальний та реальний. На віртуальному рівні задаються типи об'єктів, їх властивості, зв'язки між об'єктами. Із використанням віртуальних об'єктів будуються віртуальні схеми, шаблони та документи. На реальному рівні виконується побудова діючої структури мережі. Під час роботи із даним типом схеми система обмежує набір об'єктів і зв'язків між ними згідно із тим, що задано на віртуальному рівні. Даний підхід дозволяє при необхідності вносити в структуру моделі будь-які зміни в процесі роботи [2,3].

Облік каналів транспортної мережі зв'язку. Структурно-функціональна організація системи з обліку каналів транспортної мережі зв'язку містить такі основні етапи: авторизація, завантаження даних, запис даних, пошук даних, резервне копіювання, ведення історії змін. На рис. 1 представлено діаграму класів розробленого програмного продукту.

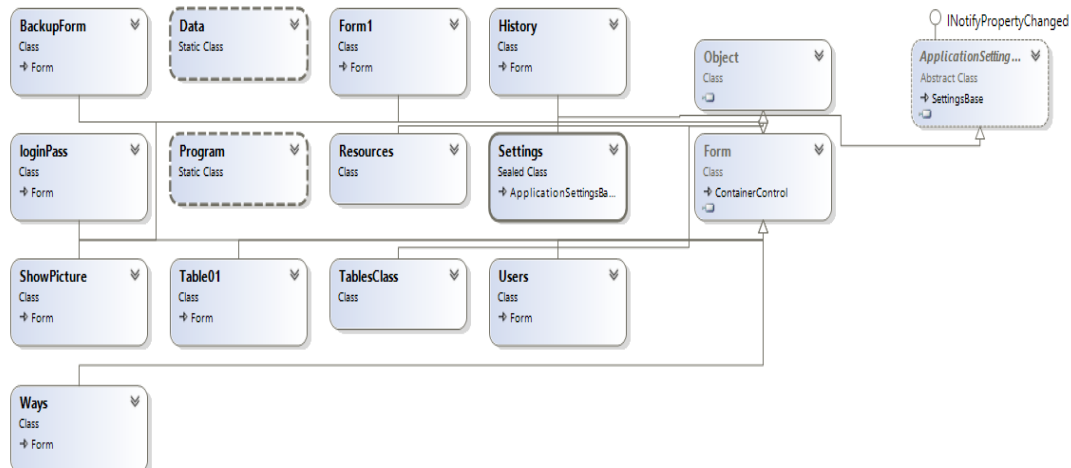


Рис. 1. Діаграма класів програмних модулів системи обліку каналів ТМЗ

Усі блоки діаграми, крім ApplicationSettings наслідуються від класів Form та Object, адже відповідно до парадигми об'єктно-орієнтованого програмування дані об'єкти наслідуються від батьківської форми та об'єкту. Оскільки головним наслідником є клас Form1, то у ньому використовуються всі інші класи, а саме: BackupForm – клас управління резервними копіями; History – клас управління історією; loginPass – клас входу у програму; Resources – клас ресурсів, усіх контролів, які знаходяться на формі; ShowPicture – показує відповідне відображення обраного апаратного забезпечення ТМЗ; Table1 – клас, який наслідуються від класу TablesClass та використовується для тестування занесених у таблиці даних; TablesClass – клас, який відповідає за заповнення таблиць; Users – клас управління користувачами; Ways – використовується для побудови шляхів маршрутів елементів у мережі. Класи Data та Program статичні (рис. 1), тому вони мають певну автономність щодо розширення та наслідування. Клас Data – відповідає за передавання даних між різними екземплярами класу Form. Клас Program – відповідає за запуск обраного екземпляру класу Form.

Зупинимося детальніше на розробці алгоритму обробки складання маршрутів проходження каналів. Задачу знаходження оптимальної кількості каналів визначено так: задано мережу, в якій існують станції для передачі та обміну інформацією; задано інформацію про ненаправлені зв'язки між станціями; задано максимальну пропускну здатність кожного зі зв'язків. Зв'язки та станції можуть динамічно видалятися та додаватися, а також може змінюватися пропускну здатність деяких зв'язків. Розроблено алгоритм, який надає можливість швидко відповідати на такий запит: визначити шлях серед усіх можливих шляхів, у якого пропускну здатність є максимальною, а також визначити його пропускну здатність. Представимо мережу у вигляді зваженого неорієнтованого графу з n вершин і m ребер, де станції – це вершини, зв'язки – ребра, пропускну здатність зв'язку – вага відповідного ребра. Ребра та вершини графа можуть видалятися та додаватися, вага ребра може змінюватися. Вирішенням поставленої задачі є *fully dynamic online* алгоритм, який для заданої пари вершин (A, B) буде знаходити оптимальний шлях серед усіх можливих.

В проведеному дослідженні розглянуто три способи вирішення задачі. Перший спосіб полягає у застосуванні бінарного пошуку і пошуку у глибину. Асимптотична складність такого алгоритму рівна $O(m \times \log(m))$. Другий спосіб використовує модифікований алгоритм Дейкстри, складність якого рівна $O(m \times \log(n))$, або, при використанні Фібоначевої купи (Fibonacci heap) – $O(m + n \log(n))$. Згідно до третього способу, задачу було зведено до задачі на максимальному остовному дереві графа. В цьому випадку використовується алгоритм, який підтримує максимальне остовне дерево у динамічному графі, а відповідь на запит реалізується за допомогою динамічних дерев Тар'яна і Слейтора. Складність алгоритму рівна $O(m/2 + \log(n))$. Для перевірки коректності застосування перших двох способів було доведено адекватність їх роботи для даної задачі. Для перевірки коректності зведення задачі до задачі на максимальному остовному дереві було доведено еквівалентність задачі на графі та задачі на максимальному остовному дереві. Здійснено тестування алгоритму на згенерованих випадковим чином графах до 10^6 вершин та ребер протягом 5 годин із апаратним забезпеченням, яке виконує близько 10^9 операцій в секунду, в результаті чого підтверджено адекватність алгоритму [2].

З метою тестування створених моделей автоматизованої системи підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку відтворено невелику віртуальну мережу, що складається з мінімально необхідних обсягів обладнання. Для успішного тестування моделі пропонується здійснити його в два етапи:

- 1) створення мережі з топологією типу кільце і тестування роботи алгоритмів у межах цієї мережі;
- 2) створення та об'єднання кількох кільцевих мереж з подальшим прокладанням каналів, де початкова точка належить одній мережі, а кінцева іншій.

Склад та топологія тестової мережі: побудовано тестову мережу, що складається з такого обладнання: мультимплексор типу – OMS1200 EX [10]; плата STM-1 – Core /CCU [11]; плата E1 – LTU 21*2M (типу E1), плата Ethernet – ETA-100. Топологія тестової мережі представлена на рис. 2, 3 [7]. Відповідно до створеної моделі бази даних заповнено бібліотеку обладнання.

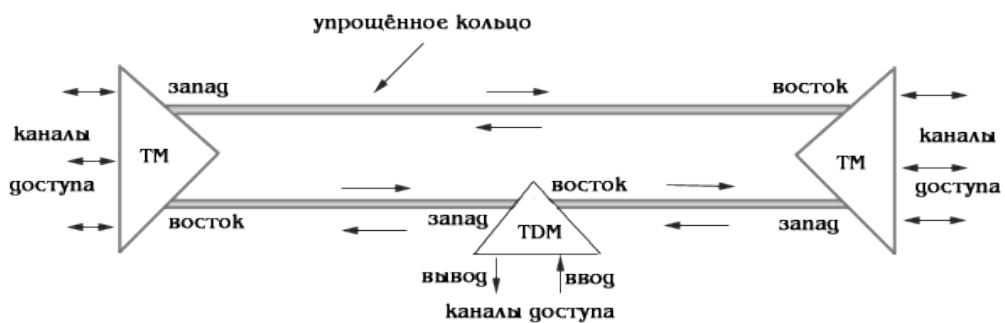


Рис. 2. Топологія тестової мережі типу кільце

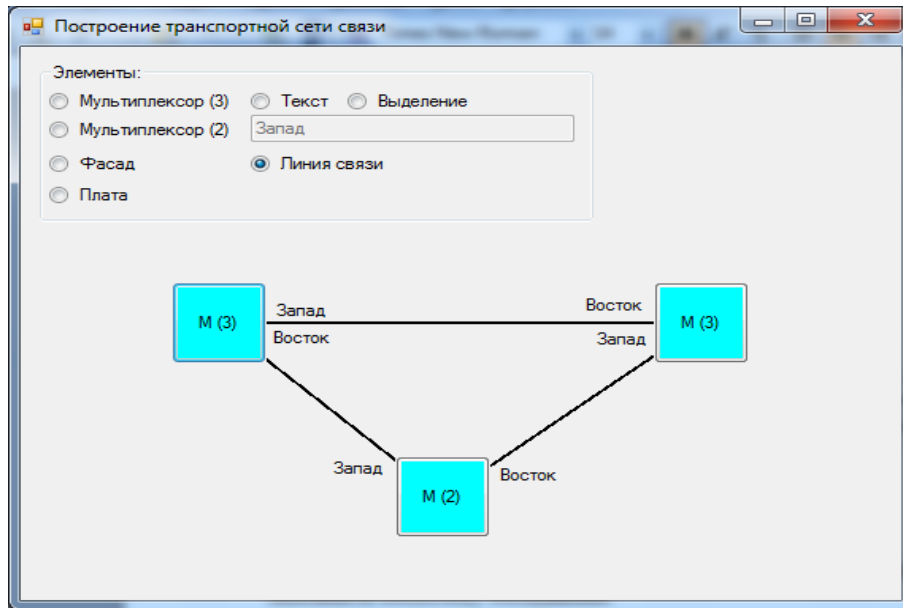


Рис.3. Створений фрагмент "Мережа типу кільце"

Також, в межах другого етапу тестування, побудовано дві мережі типу кільце, з'єднаних між собою LTU платою типу STM-1 (рис. 4).

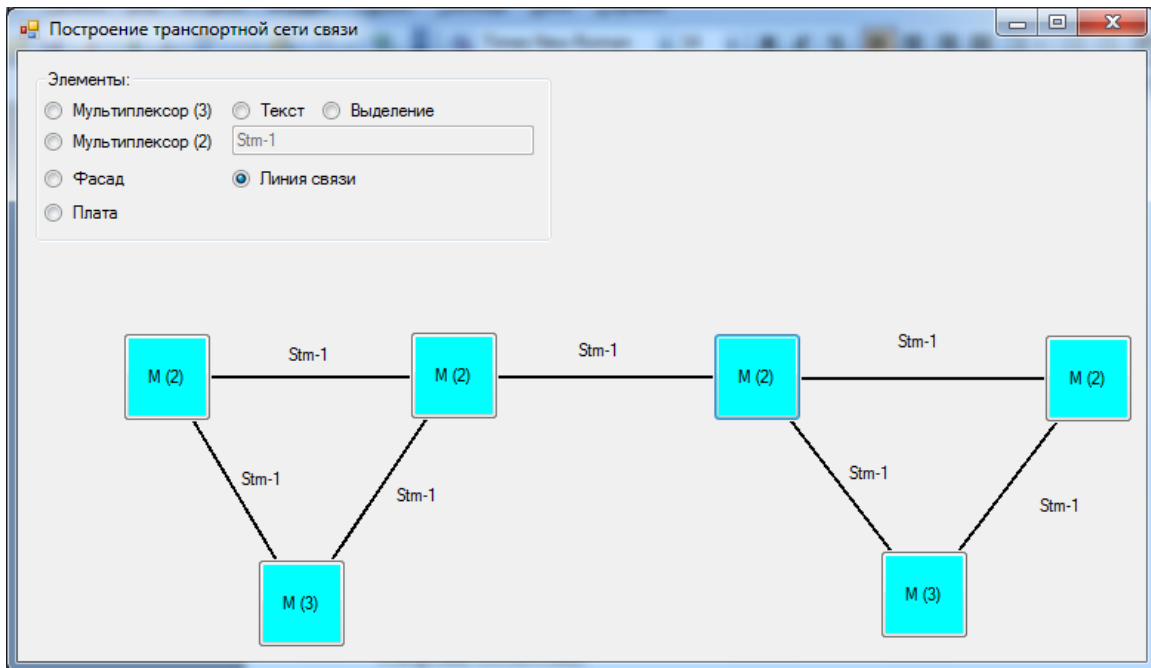


Рис.4. Створений фрагмент об'єднання двох кільцевих мереж

Мережа представлена на рис. 4, складається з двох ідентичних кілець, які є повною копією мережі (рис. 3). За тим лише винятком, що мультиплексори (2 і 3) з'єднані між собою LTU платою типу STM-1.

Відповідно до умов тестової мережі та тестових завдань [2], робота програмного забезпечення відповідає наступним критеріям: при спробі створення каналу між обладнанням, що не має фізичного з'єднання (попередньо створеного), користувачу має надходити попередження; при створенні нового каналу, від загальної ємності каналів повинна відніматись одиниця; при створенні нового каналу типу "Ethernet" загальною ємністю $VC-12 \times n$, від загальної ємності каналу повинно відніматись стільки ж каналів (відповідно n); при спробі створення каналу при повністю зайнятій платі LTU, користувачу має надходити попередження; при спробі створення каналу при повністю зайнятому потоці STM, користувачу має надходити попередження; при спробі створення каналу при повністю зайнятому потоці STM-1 Single Optical TC, користувачу має надходити попередження; при прокладанні резервів, перевіряється наявність вільного місця; на будь-якому відрізьку можливо отримати статистику виду:

"Кількість вільних фізичних каналів каналів"; "Кількість зайнятих каналів"; "Кількість зайнятих каналів під резерв"; "Кількість логічних каналів (без врахування їх резерву) резерву".

Таким чином, прив'язка до обладнання дозволяє вести не лише облік та статистику по вузлах системи, а й контролювати цілість та правильність введених даних. На основі даних про існуюче обладнання сформовано контрольний приклад, що дозволив провести багатосторонню перевірку роботи бази даних, а також її стійкість до помилкових дій.

Комп'ютерне моделювання та програмна реалізація обліку каналів транспортної мережі зв'язку на основі застосування технологій інтелектуального аналізу даних. Оскільки в інтелектуальному модулі системи, що розробляється, потрібно буде будувати транспортну мережу зв'язку, враховуючи дані, які записані у базі даних, то виникає необхідність ефективної вибірки цих даних та їх групування, для швидшого доступу до них. На основі проведеного аналізу прийнято рішення застосувати алгоритми кластеризації "Data Mining (зокрема, алгоритм k-means), тобто інтелектуального аналізу даних, що використовуються для виявлення в даних раніше невідомих, нетривіальних, практично корисних і доступних інтерпретаціях знань, необхідних для прийняття рішень [12].

На першому етапі комп'ютерного моделювання було побудовано фрагмент транспортної мережі, що представлено на рис. 5. При цьому програмний засіб повідомлення про помилку не видав, оскільки архітектура мережі не суперечила заданій інформації у базі даних.

На рис. 5 представлено з'єднання мультимплексорів із використанням максимальної кількості їх зв'язків. У такому випадку програма повідомлення про помилку не видала, оскільки дане правило занесено у базу даних. Далі на рис. 6 представлено попередній приклад з'єднання мультимплексорів, але із неправильним з'єднанням одного з них. При такому з'єднанні, яке показано на рис. 6, в ході роботи програмного засобу було отримано вікно із повідомленням про помилку.

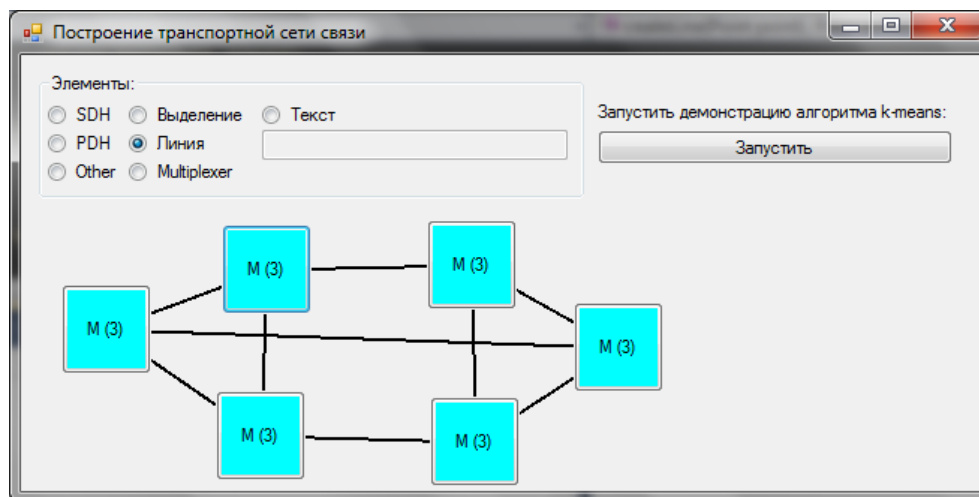


Рис. 5. З'єднання 6 мультимплексорів із 3 зв'язками

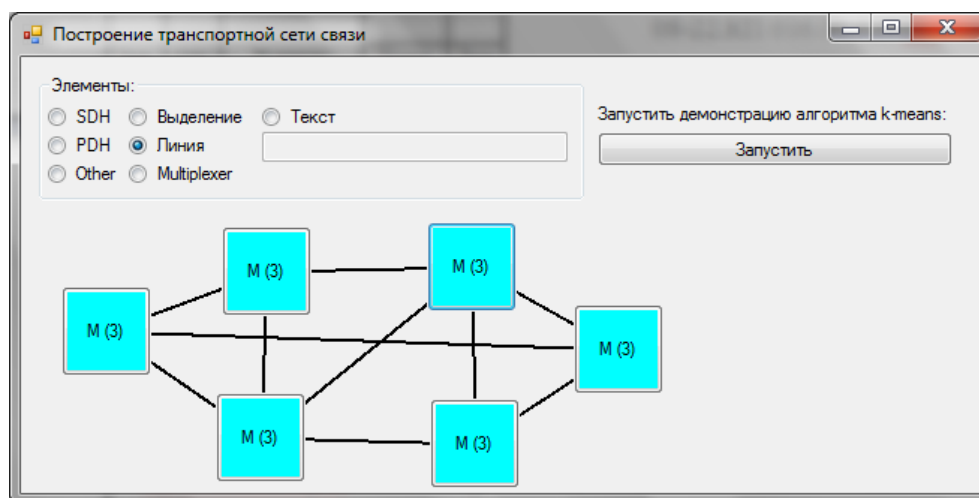


Рис. 6. Перевищення максимальної кількості з'єднань

На другому етапі тестування здійснено побудову фрагмента транспортної мережі SDH (рис. 7).

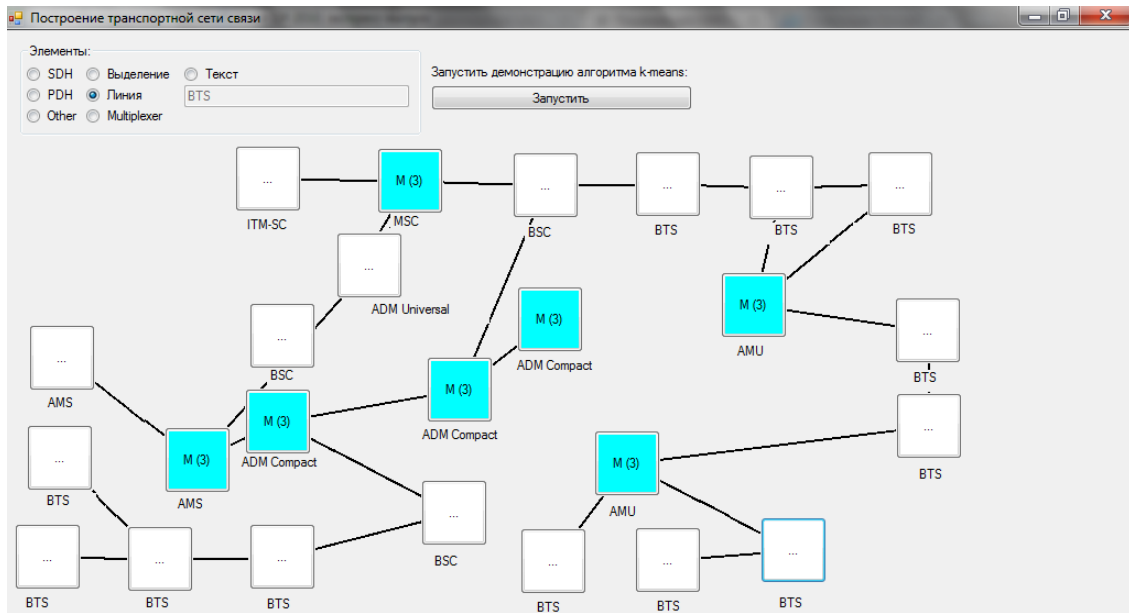


Рис. 7. Побудова транспортної мережі SDN

На даному етапі помилки не виникло, оскільки SDN мережа побудована коректно, що свідчить про те, що алгоритм k-means працює правильно.

Для того щоб протестувати алгоритм k-means, розроблено графічний модуль, який дозволяє побачити роботу алгоритму. Для тестування було обрано, відповідно, 1000 та 60000 записів у БД (точок) для кластеризації. Графічне відображення результатів кластеризації 1000 точок представлено на рис. 8.

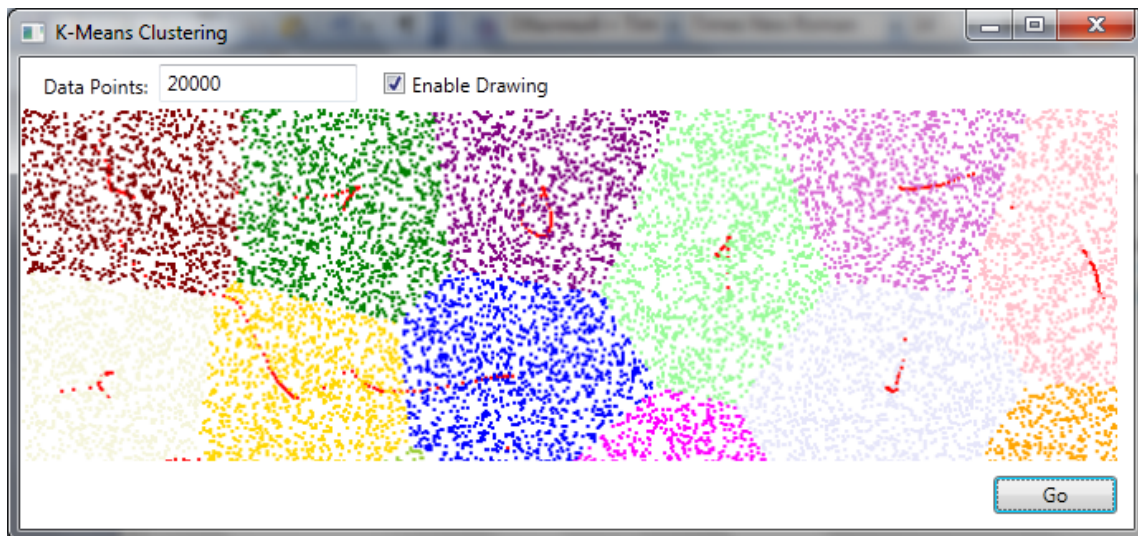


Рис. 8. Кластеризована структура точок

Використовуючи алгоритм k-means, інтелектуальний модуль кластеризував 1000 точок за 0,5989 с, а використовуючи багатопоточність – 0,5922 с. Для даного прикладу приріст виявився достатньо не великим. Проте, при кластеризації 60000 точок, отримано такі результати: в однопоточному режимі – 5,3837 с, а використовуючи багатопоточність – 4,2628 с [3].

Як видно із вищенаведених результатів, чим більший масив даних обробляється, тим більший приріст продуктивності отримується. У подальших дослідженнях планується детальніше розглянути вищенаведені алгоритми на основі використання такої передової технології, як GPGPU.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ GPGPU ТЕХНОЛОГІЙ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ У АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ

В науковому дослідженні особливо акцентовано увагу на перспективності застосування в межах поставленої прикладної задачі технологій паралельних обчислень, зокрема GPGPU. В розробленому

програмному засобі GPGPU-обчислення здійснюються сумісним використанням CPU і GPU в гетерогенній моделі обчислень. Стандартна частина програми виконується на CPU, а більш вимоглива до обчислень частина обробляється з GPU-прискоренням. З точки зору користувача програма працює швидше, оскільки вона використовує високу продуктивність GPU для підвищення загальної швидкодії. Хоча тактові частоти GPU нижчі, ніж у звичайних процесорів (CPU), і містяться в діапазоні від 0,5 до 1,5 ГГц, проте завдяки великій кількості потокових процесорів продуктивність GPU-систем досить значна. Сучасні GPU верхнього цінового сегменту мають пікову продуктивність 1-2,5 TFLOPS, що у поєднанні з можливістю установки в одну машину двох графічних адаптерів дозволяє отримати пікову продуктивність в 5 TFLOPS на одному персональному комп'ютері. Більш того, на деяких реальних задачах досягається до 70% пікової продуктивності. Одночасно з цим, порівняно з класичними кластерними системами, GPU володіють значно кращими характеристиками як за ціною (менше 1 дол. на GFLOPS), так і за енергоспоживанням (менше 1 Вт на GFLOPS) [3,8,9,13,14].

Актуальність даного напрямку обумовлена зокрема і тим, що пошук інформації в базах даних є однією з найважливіших задач в інформаційних технологіях на сьогодні. Організація паралельного пошуку із використанням технології GPGPU в надвеликих базах даних та сховищах даних є актуальною науковою та прикладною задачею. Варто відзначити, що академічні центри таких компаній як Oracle, Microsoft, SAP зацікавлені пошуком масштабованих рішень на базі графічних процесорів (GPU) [15].

Перш за все варто розглянути архітектуру існуючих баз даних. Практично в будь-якій її основі у якості структури даних для зберігання лежить В-дерево. Воно являє собою збалансоване дерево пошуку, створене спеціально для швидкої роботи з дисковою пам'яттю. В-дерева можуть мати вузли, кількість яких може сягати декілька тисяч, так що степінь розгалуження В-дерева може бути дуже великою. В-дерева з n вузлами мають обчислювальну складність $O(\lg n)$, таким чином, вони можуть використовуватися для реалізації багатьох операцій над динамічними множинами за цей час. Вузким місцем системи обробки баз даних є продуктивність дискової підсистеми, з цієї причини в алгоритмах їх обробки роблять акцент на кількість звернень до дискової підсистеми; обчислювальний час (час процесора).

В цьому контексті необхідно відзначити останні дослідження запитів у існуючій СУБД SQLite [15]. Найпростіший select-запит складається з ініціалізації таблиці, циклу по всіх рядках і очищення ресурсів. Його GPU-рішення використовує практично всі види пам'яті, які надаються програмною моделлю CUDA. Регістрова пам'ять використовується для зберігання зсувів у блоці даних і результатів. Колективна пам'ять використовується для зберігання результатів кожного потоку. У константній пам'яті зберігається програма віртуальної машини, яку виконує кожен з потоків, і так само службова інформація, наприклад, розмірність оброблюваних типів. Глобальна пам'ять зберігає оброблювані дані. Дані однієї таблиці постійно зберігаються в пам'яті GPU, для того, щоб знизити розмір переданих даних через шину для кожного запиту. Для запуску вибірки над множиною даних необхідно перетворити В-дерево в табличну структуру. Отримані результати паралельної організації обчислювальних процесів із використанням GPU-прискорювачів за технологією "Fermi" при роботі системи підтримки експлуатації ТМЗ у вказаному дослідженні можна розділити на ті, в яких враховувався час передачі з host на device, і де не враховується. В проведених експериментальних дослідженнях, без врахування часу завантаження даних на GPU запити виконувалися в середньому в 50 разів швидше, ніж на звичайному процесорі. Якщо врахувати час передачі – в середньому GPU виявилося швидше у 36 разів [2,3,8,15].

ВИСНОВКИ

Таким чином, в ході проведених досліджень проаналізовано способи підвищення продуктивності інтелектуально-комп'ютерних засобів підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку на основі застосування GPGPU технологій паралельних обчислень та технологій інтелектуального аналізу даних, а також відзначено прикладні аспекти їх застосування. Розроблено програмний засіб, що призначений для інформаційного забезпечення діяльності керівників та спеціалістів підприємств в процесі експлуатації і розвитку транспортної мережі. Його застосування матиме ефект для забезпечення централізації інформації з технічного обліку, підвищення якості прийняття технологічних та адміністративних рішень, підвищення точності обліку, забезпечення цілісності інформації. До основної мети та переваг використання розробленого програмного засобу можна віднести: підвищення ефективності експлуатаційно-технічного обслуговування мережі організації за рахунок автоматизації технологічних процесів обліку обладнання, мережі, каналів та послуг; скорочення часу надання послуг і підвищення якості прийняття рішень, за рахунок створення єдиного інформаційного простору, що забезпечує посадових осіб структурних підрозділів організації актуальною і повною інформацією; економія витрат на обслуговування мережі за рахунок більш повного використання ресурсів організації, а також на

персонал в умовах росту обсягів мережі; підвищення якості наданих клієнтам послуг за рахунок прискорення локалізації аварій і скорочення часу на аварійно-відновлювані роботи; ріст прибутку організації за рахунок скорочення часу простою обладнання, зниження кількості відмов. Економічний ефект від впровадження результатів даних досліджень полягає в заміщенні традиційних обчислювальних систем – інтелектуальними з розширеним набором функціональних можливостей, що дозволяє зменшити витрати на придбання спеціалізованих обчислювальних програмно-апаратних комплексів і надає можливість збільшити продуктивність та інформаційну пропускну здатність системи при її розвитку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Засоби моніторингу систем електропостачання залізниць. / В.Л. Тутик, Ю.В. Пилипенко, Р.Б. Каменський, П.Й. Тарасович, І.В. Невечера, В.М. Стретович : збірник наукових праць II Міжнародної конференції «Інтелектуальні енергетичні системи – ІЕС (ESS'11)», (Київ, 7-10 червня 2011 р.) – [Електронний ресурс] – Тип доступу: <http://www.ess.kpi.ua/index.php/en/archive/past-conferences/ess10-2?layout=edit&id=55>.
2. Тимченко Л.І., Яровий А.А., Кокряцька Н.І. та ін. Науковий проект „Розробка алгоритмів роботи автоматизованої системи підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку” (№ держ. реєстрації: 0113U003214). Заключний звіт. 24.12.2012. – 77 с.
3. Комп'ютерні засоби для підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку на основі її кластерної організації із застосуванням GPGPU технологій / Яровий А.А., Мудрик В.В. : тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції [Методи та засоби кодування, захисту й ущільнення інформації (МЗКЗУІ-2013)], (Вінниця, 23-25 квітня 2013 р.) – Вінниця, ТД Едельвейс і К, 2013. – С. 314-317.
4. Програмное обеспечение для учета и администрирования сетей. – [Електронний ресурс] – Тип доступу: <http://www.sdl.ru>.
5. K. Terplan OSS essentials: support system solutions for service providers / K. Terplan. – John Wiley. – 2001. – 610 p.
6. System Developments Labs. Cross Pro v.7. – [Електронний ресурс] – Тип доступу: <http://www.sdl.ru/crossprov7.html>.
7. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи (АТМ, PDH, SDH, SONET и WDM) / Слепов Н.Н. – М.: Радио и связь, 2000. – 468 с.
8. Програмний комплекс для моніторингу та підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку із використанням технології GPGPU / Яровий А.А., Мудрик В.В. : збірник праць Восьмої Міжнародної науково-практичної конференції [Інтернет-Освіта-Наука (ІОН-2012)], (Вінниця, 1-5 жовтня 2012 р.) – Вінниця, ВНТУ, 2012. – С. 49-50.
9. Система підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку на основі комп'ютерних засобів з GPU-прискоренням / Яровий А.А., Мудрик В.В. : Збірник матеріалів II Міжнародної науково-технічної конференції [Обчислювальний інтелект (ComInt-2013)], (Черкаси, 14-18 травня 2013 р.) – Черкаси, Маклаут, 2013. – с. 451-452.
10. Marconi's UC & EX family. Release 3.3.1
11. Marconi's the technical description for the UC & EX family equipment Release 3.3.1.
12. Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В., Холод И. И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.
13. Аналіз технологій мультитіпової обробки даних на GPU для організації масивно-паралельних обчислень. / Яровий А.А., Мудрик В.В. : тези доповідей 3 Міжнародної науково-технічної конференції [Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія], (29-31 травня 2012 р.) – Вінниця, ВНТУ, 2012 – с. 50-51.
14. Перспективи впровадження технологій GPGPU в структуру автоматизованої системи підтримки експлуатації транспортної мережі зв'язку / Яровий А.А., Мудрик В.В. : Збірник тез доповідей Шостої Міжнародної науково-технічної конференції [Фотоніка ОДС-2012)], (Вінниця, 1-4 жовтня 2012 р.) – Вінниця, "ТД Едельвейс і К", 2012. – с. 37-38.
15. Accelerating SQL Database Operations on a GPU with CUDA: Extended Results : [Електронний ресурс] – Тип доступу: http://www.cs.virginia.edu/~skadron/Papers/bakkum_sqlite_tr.pdf.

Надійшла до редакції 31.10.2013р.

ЯРОВИЙ А.А. – к.т.н., доцент, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

ТИМЧЕНКО Л.І. – д.т.н., професор, завідувач кафедри телекомунікаційних технологій та автоматики, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна.

МУДРИК В.В. – студент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

МАТЕЙЧУК М.С. – магістрант кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

МОРФІЯНЕЦЬ О.О. – магістрант кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.