

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

Струбицький Ростислав Павлович



УДК 621.391

**МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ ПОБУДОВИ ХМАРКОВИХ СХОВИЩ ДАНИХ
НА ОСНОВІ РОЗПОДІЛЕНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Шаховська Наталія Богданівна,
Національний університет «Львівська політехніка»
професор кафедри інформаційних систем та мереж.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Захарченко Микола Васильович,
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
завідувач кафедри інформаційної безпеки
та передачі даних;

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Торошанко Ярослав Іванович,
Державний університет телекомунікацій,
професор кафедри комп'ютерної інженерії.

Захист дисертації відбудеться «31» березня 2017 р. о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.10 у Національному університеті «Львівська політехніка» (79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12, ауд. 218 XI навчального корпусу).

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» (79013, м. Львів, вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий «27» лютого 2017 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент



І.В. Демидов

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертаційну роботу присвячено розробленню елементів телекомунікаційної мережної архітектури для передавання даних через хмарні сховища.

Актуальність теми. На сьогодні, в умовах високої конвергенції бізнес-процесів у глобальному інформаційному просторі, високої актуальності набувають питання інформаційної взаємодії корпоративних клієнтів, наприклад транснаціональних корпорацій, що розміщуються на територіях, які мають ускладнення у вільному доступі до глобальної інформаційної інфраструктури (КНР, країни Перської затоки, Африки, деякі країни Азії тощо). Хмарні сховища даних дозволяють кардинально підвищити доступність клієнтських даних та необхідних мережних елементів для їх надійного передавання і зберігання. На сьогодні методи локального опрацювання та зберігання мають надзвичайно низький рівень консолідації обчислювальних ресурсів та пам'яті (менше 18%). Географічна розподіленість клієнтських застосувань, їх мобільність з одночасною потребою у збереженні цілісності даних породжують протиріччя, яке полягає у необхідності підвищення пропускну спроможності існуючої телекомунікаційної складової розподілених сховищ даних в умовах підвищення вимог щодо їх доступності, а також відносно несанкціонованого доступу та захисту від пошкоджень.

Особливості побудови розподілених телекомунікаційних систем для організації хмарних центрів оброблення даних розглядалися у працях ряду вітчизняних та зарубіжних вчених, таких як: Лемешко О.В., Ложковський А.Г., Бешлей М.І., Стрихалюк Б.М., Климаш М.М., Luntovskiy A., Agapi A., Xiaohu Ge, Walter F. Witt, Zhao X., Bloomers J. тощо.

Поряд із цим, існує ряд недостатньо опрацьованих наукових завдань, що стоять на заваді ефективній організації хмаркових сховищ даних, та, відповідно, розподілених обчислювальних систем на їх основі, а саме:

- недостатньо розвинена теоретична база, яка прийшла би на зміну класичній теорії масового обслуговування при проектуванні сучасних телекомунікаційних систем розподілу інформації з самоподібним трафіком;
- недостатньо опрацьовані питання визначення показників якості функціонування систем передавання та розподілу інформації у розподіленому гетерогенному мережному середовищі;
- недостатньо розвинуті методи та алгоритми, які забезпечують якість обслуговування, зокрема пропускну спроможність в умовах гетерогенності мережних платформ.

Отже, наукове завдання розроблення моделей та методів підвищення пропускну спроможності розподілених телекомунікаційних систем високодоступних хмарних сховищ даних на основі нових протоколів доступу є актуальним і своєчасним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася в межах наукової тематики кафедри інформаційних систем та мереж Національного університету «Львівська політехніка», тема «Комплекс інтелектуальний інформаційних технологій інтеграції даних для обліку та аналізу

підвищення кваліфікації вчителів», № держреєстрації 0113U005273 (автор розробив архітектуру хмаркового сховища даних для розподіленого зберігання мультимедійної навчальної інформації).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення елементів телекомунікаційної мережної архітектури для передавання даних через хмаркові сховища.

Мета дисертаційної роботи визначає необхідність розв'язання таких завдань:

1. Аналіз проблеми запровадження та функціонування хмаркових сховищ даних;
2. Розроблення моделі хмаркового сховища даних та проведення моделювання його завантаженості;
3. Розроблення телекомунікаційного протоколу сеансового рівня на базі UDP для магістральних розподілених MAN- мереж;
4. Розроблення методу мультипротокольного доступу до поточкових даних при їх наскрізному передаванні у розподіленій телекомунікаційній системі;
5. Розроблення методу агрегації навантаження декількох джерел даних для їх одночасного передавання через розподілені телекомунікаційні системи хмарних сховищ;
6. Розроблення методу вибору мережного шлюзу за складністю запитів;
7. Апробація розробленого програмного забезпечення для передавання даних у телекомунікаційній системі між вузлами хмарного сховища даних.

Об'єкт дослідження – процес передавання даних через хмаркові сховища.

Предмет дослідження – методи та засоби організації хмаркових сховищ даних на основі розподілених телекомунікаційних систем.

Методи дослідження. Дослідження, виконані під час роботи над дисертацією, ґрунтуються на методах системного аналізу – для розв'язання завдання аналізу процесів функціонування хмаркових сховищ даних та вдосконалення чинних підходів до організації таких сховищ; комп'ютерного (імітаційного чисельного) моделювання – для проведення стендових експериментів з розробленими телекомунікаційними протоколами, спостереження, синтезу; статистичних - для оброблення та аналізу результатів експериментів; об'єктно-орієнтованого аналізу та проектування – для розроблення елементів телекомунікаційної мережної архітектури системи.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримано такі нові наукові результати:

– *вперше* розроблено метод мультипротокольного наскрізного передавання даних у розподіленій телекомунікаційній системі хмарних сховищ, який, на відміну від методу вибору протоколу в сегментованій мережі, характеризується вищою продуктивністю, адаптуючись під кожний окремий мережний сегмент;

– *удосконалено* модель хмаркового сховища даних, подану як алгебраїчну систему, що відрізняється від існуючих введенням у архітектуру пов'язаної телекомунікаційної мережі системи методів опрацювання даних на основі

протокольних засобів сеансового рівня, що дало змогу більш точно і повно визначити і використовувати її пропускну спроможність відповідно;

- *набув подальшого розвитку* метод агрегації навантаження декількох джерел даних, який, на відміну від методу балансування навантаження, в режимі реального часу визначає завантаженість сервісів хмаркового сховища даних та каналів телекомунікаційної системи, що дає змогу оптимізувати їх продуктивність.

Практичне значення одержаних результатів полягає у досягненні таких результатів.

- Розроблено уніфікований протокол передавання даних сеансового рівня. Це дало змогу збільшити пропускну здатність телекомунікаційних каналів розподіленої системи сховищ даних від 1,5 до 2 разів;

- Розроблено метод мультипротокольного передавання даних, що дало змогу адаптуватися до наскрізного каналу передавання даних та обмежень, які на нього накладені;

- Розроблено метод агрегації навантаження декількох джерел даних, що уможливило їх паралельне передавання;

- Удосконалено елементи мережної архітектури хмарних сховищ даних, що дало змогу збільшити їх продуктивність та відмовостійкість шляхом оптимального вибору шлюзу для передавання даних;

- На основі розробленої архітектури побудовано та впроваджено хмаркове сховище даних для промислового використання.

Одержані в дисертаційній роботі результати використано під час розроблення хмаркового сховища даних та організації обчислень на його основі компаніями ТОВ «Глобальна платіжна мережа» (WIDEUP), Ypsilon.Net AG (ФРН).

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, подані у дисертації, одержані здобувачем особисто. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, внесок здобувача такий: [1] – розроблено схему бази даних начального департаменту та ієрархічну організацію процесу опрацювання наукових матеріалів; [3, 14] – виділено особливості організації розподіленого сховища даних для забезпечення захисту від потенційних загроз; [7] – удосконалено модель організації хмаркового сховища даних; [8] – розроблено метод вибору оптимального шлюзу доступу до хмаркового сховища даних; [9] – розроблено схему ієрархії хмаркового сховища даних та діаграми потоків даних процесу визначення оптимального сателіта; [13] – розроблено та оптимізовано модель захищеного сховища засобами відкритого програмного забезпечення.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на семінарах та конференціях:

- XII Міжнародний науковий семінар «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці та освіті», Київ-оз. Світязь, 2013;

- V – VII Всеукраїнська науково-практична конференція «Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем (SITS)», Миколаїв-Коблево, 2013-2015;

- Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Інформаційні технології, економіка та право: стан та перспективи розвитку», Чернівці, 2014;

- VI Всеукраїнська науково-практична конференція «Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем (SITS'2014)», Миколаїв-Коблево, 2014;

- V Всеукраїнська школа-семінар молодих вчених і студентів «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології (АСІТ'2015)», Тернопіль, 2015.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи висвітлено в 15 друкованих працях, у тому числі двох статтях в іноземних періодичних наукових виданнях [1-2], 6 – у фахових наукових виданнях України [3, 5-9], 6 – у матеріалах конференцій [10-15].

Структура роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та двох додатків. Загальний обсяг дисертації 176 сторінок, з яких основного тексту – 138 сторінок. Робота містить 6 таблиць та 70 рисунків. Список літератури включає 116 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, визначено об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету і завдання дослідження, розкрито застосовані методи дослідження, наукову новизну, практичне значення і апробацію одержаних результатів.

У **першому розділі** – «Аналіз розвитку та сучасний стан розподілених систем зберігання даних» – систематизовано джерела та з'ясований стан наукових досліджень за темою дисертації. Зокрема, проведено аналіз архітектури систем зберігання даних, досліджено основні підходи до хмаркових технологій, виділено особливості формування архітектури хмаркових сховищ даних і їх проблематику та проведено аналіз транспортування даних в розподілених системах.

Хмаркова система зберігання даних, або зберігання даних, як послуга – це абстрактне поняття, що відповідає системі зберігання даних, яку можна адмініструвати за вимогою через спеціальний інтерфейс. Цей інтерфейс абстрагує місцезнаходження системи, тому локальна вона чи віддалена, або ж гібридна – не має суттєвого значення. Хмаркові інфраструктури зберігання даних утворюють нові архітектури, які підтримують різні рівні обслуговування для потенційно великої групи користувачів і географічно розподілених накопичувачів.

Ефективність зберігання даних – важлива характеристика хмаркової інфраструктури зберігання, особливо враховуючи її акцент на загальну економію. Щоб зробити систему зберігання ефективнішою, потрібно зберігати більше даних в менших просторових об'ємах, тобто консолідовано. Загальним рішенням є скорочення обсягу вихідних даних, щоб вони займали менше фізичного простору. Два способи досягнення цієї мети: стиснення – упакування даних шляхом їх кодування з використанням різних представлень, і дедуплікація – виключення всіх дублікатів даних. Хоча обидва методи корисні, стиснення передбачає обробку

(перекодування даних в інфраструктуру і з неї), а дедуплікація – обчислення сигнатур для пошуку дублікатів.

Архітектура хмаркового зберігання даних – це насамперед надання ресурсів зберігання даних на вимогу в високо-масштабованому і мультитенантному (багато орендованому) середовищі. Узагальнено архітектура хмаркового зберігання даних представляє собою зовнішній інтерфейс, який надає API для доступу до накопичувачів. У традиційних системах зберігання даних це протокол SCSI, але в хмарі використовують зовнішні протоколи Web-сервісів, файлові протоколи і навіть традиційні зовнішні інтерфейси (Internet SCSI, iSCSI та інші). За зовнішнім інтерфейсом розташовується рівень проміжного програмного забезпечення – логіка зберігання даних. Цей рівень реалізує ряд функцій, таких як реплікація даних і скорочення обсягу даних, за традиційними алгоритмами розміщення даних з урахуванням географічного розташування. Нарешті, внутрішній інтерфейс організовує фізичне зберігання даних. Це може бути внутрішній протокол, який реалізує специфічні функції, або традиційний сервер з фізичними накопичувачами.

Особливість API Web-сервісів полягає у тому, що для того, щоб скористатися перевагами хмаркової системи зберігання, вони вимагають інтеграції з додатком. Тому з хмарковими системами зберігання для забезпечення безпосередньої інтеграції використовуються також загальні методи доступу. Можна зустріти й такі рішення, які підтримують кілька протоколів доступу. Проте, при використанні різних протоколів обміну даними між користувачами та хмарковими сховищами виникають багато перешкод для забезпечення оптимального надання якісних послуг. В основному, усі ці проблеми пов'язані з непристосованістю існуючої телекомунікаційної платформи на основі мережі Інтернет для надання таких послуг.

Продуктивність мережної системи має багато аспектів, але головне завдання хмаркової системи зберігання даних – переміщення даних між користувачем і віддаленим постачальником хмаркових послуг. Проблема полягає в транспортному протоколі TCP, який є головним робочим протоколом Інтернету. TCP управляє потоком даних на основі підтвердження прийому пакетів з віддаленого вузла. Втрата або затримка пакетів дозволяють керувати перевантаженням, що ще більше обмежує продуктивність для уникнення глобальних мережних проблем. TCP ідеально підходить для переміщення невеликих обсягів даних через глобальну мережу Інтернет, але не для доставки великих обсягів даних. Таким чином, аналіз предметної області дав змогу сформулювати мету та завдання дослідження.

У другому розділі – «Моделювання хмарного середовища зберігання даних і аналіз методів їх передавання» – розроблено модель хмаркового сховища даних та проаналізовано методи передавання даних на її основі. Уведено модель гібридних протоколів передавання даних через хмаркове сховище, обґрунтовано модель мережевого трафіку, проведено моделювання завантаженості сховища даних.

Для визначення вузьких місць у процесі зберігання та передавання даних та їх подолання цілком очевидним є побудова моделей як самих протоколів передавання, так і повної моделі наскрізного передавання “з кінця в кінець”. Для відображення

передавання даних від одного абонента до іншого використано модель у вигляді графа $G = (V, E)$, вершинами V якого є абоненти мережі, а ребрами E – зв'язки між ними. Ребра мають ваги, значення яких визначатиметься залежно від потреб та є узагальненою характеристикою тракту передавання даних. В одному випадку це може бути швидкість передавання інформаційної одиниці, в іншому – якість обслуговування абонента. При передаванні даних між клієнтами структура системи може розглядатися у трьох варіантах –“точка-точка”, структура типу VPN, структура з дата-центром (див. рис. 1).

Саме остання структура найадекватніше відображає взаємозв'язки при передаванні даних між клієнтами. Відповідно до цього, побудовано структурну схему процесу передавання файлів між клієнтами розподілених сховищ (рис. 2).

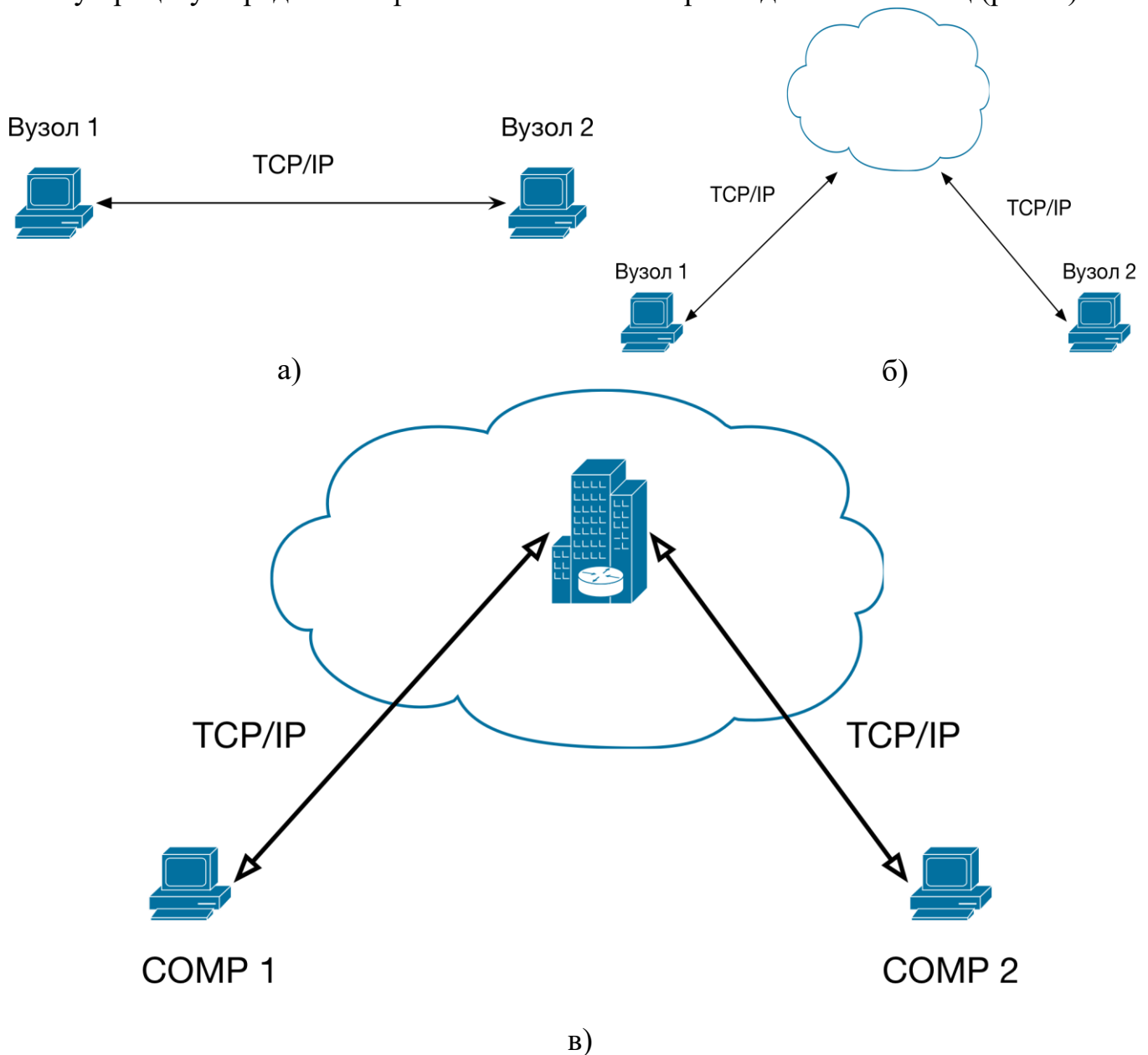


Рис. 1. Структури передавання даних через сховище: а) “точка-точка”; б) структура типу VPN; в) структура з дата-центром.

В процесі передавання даних через хмаркове сховище можна оцінити ефективний час обміну між користувачами та сховищем даних. Так, для отримання

даних з хмаркового сховища, незалежно від того, на якому сервері хмари ці дані знаходяться у вигляді файлу f потрібно затратити час:

$$T_{down}(f) = \frac{F}{\min(V_{down_k}, V_{upl_St_j}, V_{down_St_j}, \sum_{i=1}^k V_{down_d_i}(St_j, f))}, \quad (1)$$

де k – користувач даних, F – розмір файлу даних f , V_{down_k} – швидкість отримання даних клієнтом, де St_j – сателіт j , d_i – сховище i , $V_{upl_St_i}$ – швидкість надання даних сателітом, $V_{down_St_i}$ – швидкість отримання даних сателітом зі сховища.

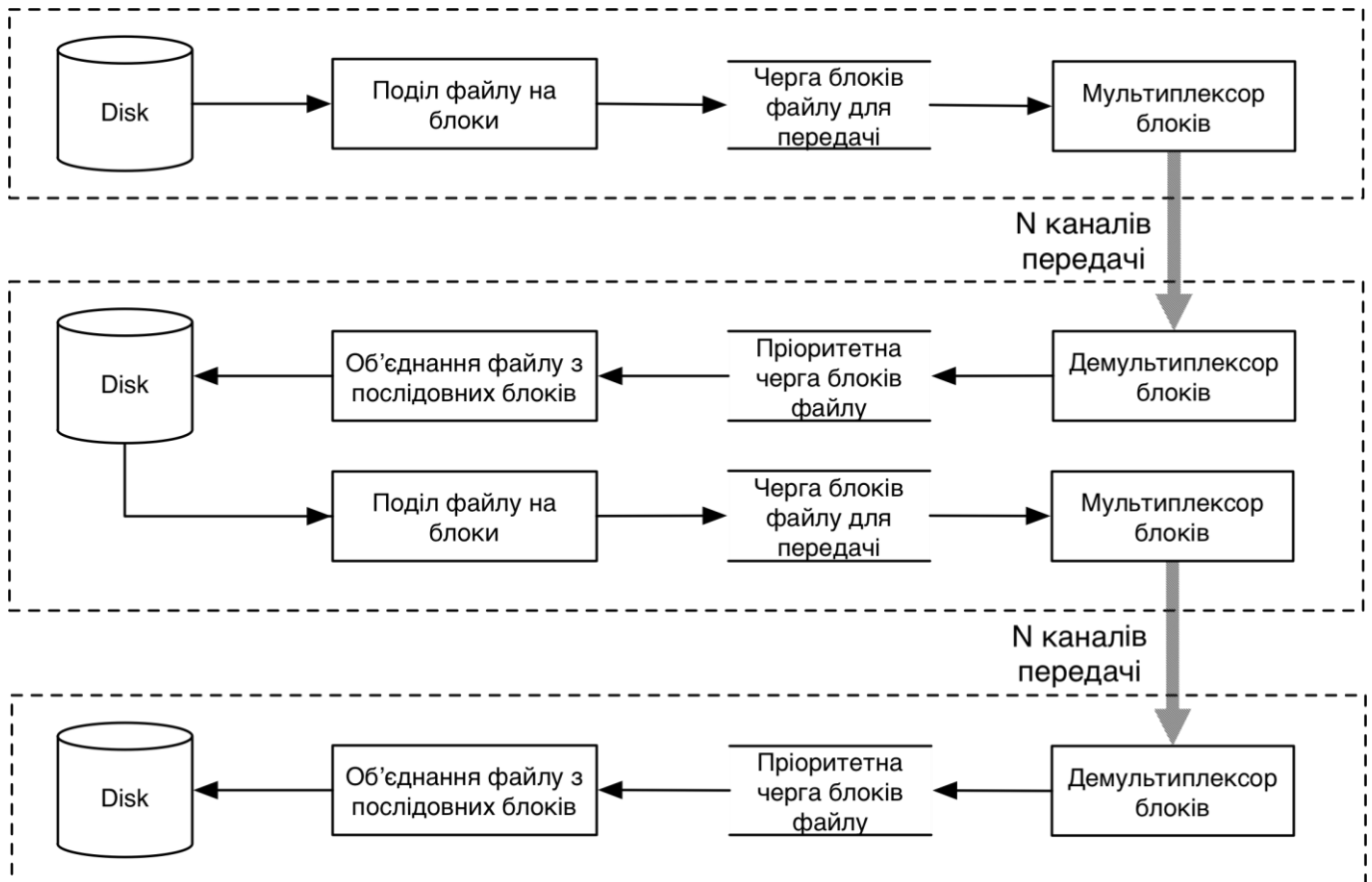


Рис. 2. Структурна схема передавання даних через сховище.

Оцінка часу завантаження даних від клієнта в хмаркове сховище може бути проведена аналогічно, враховуючи той факт, що завантажувати потрібно не на декілька серверів сховища, а лише на один:

$$T_{upl}(f) = \frac{F}{\min(V_{upl_k}, V_{down_St_j}, V_{upl_St_j}, \max(V_{down_d_i}(St_j, f)))}. \quad (2)$$

Модель хмаркового сховища даних побудована на основі моделі, запропонованої Робінзоном $S = \langle F, D, G, C, L \rangle$ та її масштабованого варіанту, уведеного Петровим $S_m = \langle F, D(t), G, C, L \rangle$, де $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ – множина елементів даних, $f = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ – множина пакетів даних, $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ – множина

пристроїв зберігання, $G : F \rightarrow D$ – розміщення пристроїв зберігання, $C : D \rightarrow Z$ – ємність пристроїв зберігання, $L : D \rightarrow Z$ – завантаженість пристроїв зберігання.

Тоді модель хмаркового сховища даних подається, як:

$$S_{cloud} = \langle D, D_{free}, S_{ms} \rangle, \quad (3)$$

де $D_{free} \subseteq D$ – підмножина вільних пристроїв зберігання, $S_{ms} = \{S_{m1}, S_{m2}, \dots, S_{mi}\}$ – множина масштабованих сховищ.

Масштабовані пристрої у даному випадку – це пристрої з множини загальних пристроїв, які не включають у себе підмножину вільних пристроїв $D_i(t) = D \setminus D_{free}$. Масштабовані пристрої не мають спільних пристроїв зберігання: $\forall t, i, j, i \neq j \Rightarrow D_i(t) \cap D_j(t) = \emptyset$.

Удосконалено модель хмаркового сховища, як алгебраїчну систему:

$$C_{dw} = \langle S_{cloud_m}; Y; L \rangle, \quad S_{cloud_m} = \langle D, D_{free}, S_{ms}, PR \rangle, \quad (4)$$

$$Y = I_{cc} \circ I_{mpp} \circ I_{mpd} : D \rightarrow Z, \quad (5)$$

де I_{cc} – метод вибору шлюзу за складністю виконання запиту, I_{mpp} – метод мультипротокольного передавання поточкових даних, I_{mpd} – метод мультиплексування різних джерел даних для одночасного передавання даних і L – предикат завантаженості S_{cloud} . Елемент даних $f_i \in St \cup SemSt \cup UnSt$ може бути представлений структурованими, слабо-структурованими та неструктурованими даними.

Предикат завантаженості хмаркового сховища поданий, як відношення завантаженості у моменти часу t_1 та t_2 . Завантаженість хмаркового сховища даних – адитивна функція значень його параметрів. Для її визначення досліджуються трафіки даних у сховищі, аналізуються об'єднані потоки даних, встановлюється залежність рівня фрактальності сумарного потоку:

$$L(S_{cloud_m_1}, S_{cloud_m_2}) \rightarrow Z. \quad (6)$$

Параметри хмаркового сховища даних S_{cloud_m} : вхідний/вихідний трафік, кількість запущених процесів, завантаженість і простій процесорів, середнє навантаження на процесор та об'єм кеш-пам'яті.

Результати аналізу реальних показників дозволили встановити наявність явища самоподібності у завантаженості хмаркового сховища даних. Аналіз процесу завантаженості показав, що його коефіцієнт автокореляції визначається за формулою:

$$r(k) = \frac{1}{2} [(k+1)^{2-\beta} - 2k^{2-\beta} + (k-1)^{2-\beta}], k \in N. \quad (7)$$

Як для вхідного, так і для вихідного трафіку параметр Херста лежить в межах, що відповідають персистентним процесам, тобто мають довгострокову залежність. Так, для вхідного трафіку він рівний 0,89, а вихідного – 0,9. Дослідження параметрів сховища показали:

– періодичність трафіку, яка має добовий характер;

– інтенсивність завантаження в основному залежить від вхідного і вихідного трафіку;

– достатньо високе значення параметру Херста вказує на потенційну можливість моделювання і прогнозування завантаженості хмаркового сховища даних на довгостроковий період.

У третьому розділі – «Розроблення методів підвищення ефективності розподілених телекомунікаційних систем хмарних сховищ даних» – розроблено методи підвищення ефективності обчислень у хмаркових сховищах даних на основі вдосконалення їх телекомунікаційної компоненти. Основна увага зосереджена на розробленні протоколу сеансового рівня, методу мультипротокольного передавання потокових даних, методу мультиплексування різних джерел для одночасного передавання та методу вибору шляху за складністю виконання запиту.

Для перевірки завантаженості центрального процесора (CPU), системних затримок та впливу розмірів пакетів та розмірів буферів на швидкість передавання даних для протоколів TCP та UDP було проведено декілька практичних експериментів. Експерименти проводилися на п'яти різних системах (табл. 1).

Таблиця 1. Середовище експерименту

Ім'я	CPU	Memory	NIC	OS
Onno	Dual Itanium2 1.5GHz	8 GB	10 GbE	Linux 2.6.0
sara77	Dual Xeon 2.4GHz	2 GB 1 GbE	Linux 2.4.18	
ncdm171	Dual PowerPC G4	1GHz 2 GB	1 GbE	Mac OS X
win91	Dual Xeon 2.4GHz	2 GB 1 GbE	Windows 7	
ncdm87	Dual Opteron 2.4GHz	4 GB	1 GbE	Linux 2.6.8

Усі вони з'єднані з іншим віддаленим вузлом з аналогічною конфігурацією, через мережу з пропускною здатністю не меншою, ніж швидкість NIC. MTU на стендах становила 1500 байт. При використанні розміру пакету UDP 1500 байт і розміру буфера UDP 1 МБ були отримані результати, що наведені у табл. 2.

Таблиця 2. Використання центрального процесора

Ім'я	UDP			TCP		
	CPU Util. (MHz/Mbps)		Delay	CPU Util. (MHz/Mbps)		Delay
	Відправка	Отримання	(ms)	Відправка	Отримання	(ms)
Onno	0.22	0.35	0.062	0.230.50	0.068	
sara77	0.40	0.45	0.070	0.51	0.51	0.086
ncdm171	1.22	1.45	0.202	2.22	2.73	0.245
win91	1.03	1.09	0.203	1.14	1.28	0.302
ncdm87	0.26	0.40	0.065	0.25	0.56	0.087

Використання процесора вимірювалося в одиницях МГц/Мбіт, що є відношенням тактової частоти використання процесора до швидкості передавання даних. Експеримент проводився в умовах локальних мереж.

Результати експериментального дослідження залежностей характеристик протоколів від різних параметрів показали, що протокол UDP створює менше завантаження центрального процесора і дає менші часові затримки, ніж TCP, в

основному за рахунок того, що цей протокол має менші накладні витрати на оброблення даних, які передаються протоколом. Це означає, що ефективна реалізація протоколу сеансового рівня на основі UDP може мати таку ж продуктивність, як і вбудована в ядро системи реалізація TCP. Результати порівняння між двома локальними машинами зображено на рис. 3 і рис. 4.

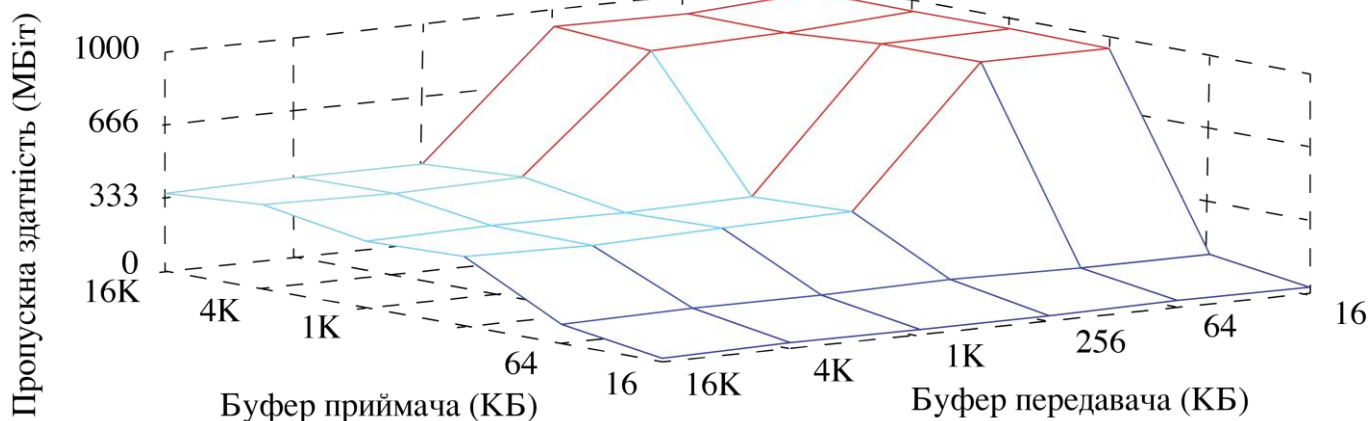


Рис. 3. Залежність продуктивності протоколу від розміру буферу.

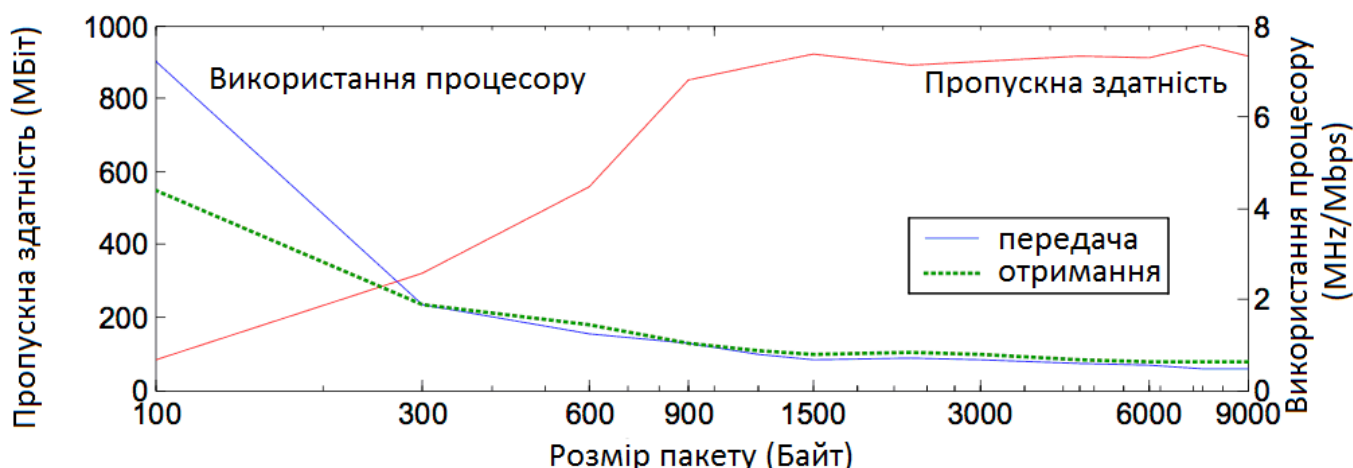


Рис. 4. Залежність продуктивності протоколу від розміру пакету.

Далі в розділі розроблено метод асинхронного передавання на сеансовому рівні, в основу якого покладено принцип роботи IOLOOP за таким алгоритмом:

1. Створити цикл IOLOOP;
2. Створити необхідні з'єднання;
3. Призначити події кожного з'єднання з вказанням, які саме події нас цікавлять (читання/запис/помилка з'єднання);
4. Звернутись до IOLOOP (з вказанням часу), щоб отримати доступне з'єднання, яке відповідає призначеним умовам;
5. Якщо протягом певного часу жодне з'єднання не відповідає умовам, то повернути керування до програми. Якщо якийсь з'єднання готове, то IOLOOP разом з керуванням повертає список готових з'єднань і з вказанням умови (читання і/або запис і/або помилка з'єднання).

Перевагою запропонованого методу є можливість потокового передавання даних через множину вузлів хмаркового сховища без очікування завершення передавання одиничних файлів.

Метод мультипротокольного передавання даних через хмаркове сховище I_{mpp} подано як:

$$\begin{aligned}
 \langle d_1 f_i \rangle &\rightarrow \{ \langle d_1 p_1 \rangle, \langle d_1 p_2 \rangle, \dots, \langle d_1 p_m \rangle \} \rightarrow \\
 &\{ \langle c_1, p_1, pr_1 \rangle, \langle c_2, p_2, pr_1 \rangle, \dots, \langle c_n, p_m, pr_1 \rangle \} \rightarrow \\
 &\{ \langle d_2 p_1 \rangle, \langle d_2 p_2 \rangle, \dots, \langle d_2 p_m \rangle \} \rightarrow \{ \langle d_2 p_1 \rangle, \langle d_2 p_2 \rangle, \dots, \langle d_2 p_m \rangle \} \rightarrow \\
 &\{ \langle c_1, p_1, pr_2 \rangle, \langle c_2, p_2, pr_2 \rangle, \dots, \langle c_n, p_m, pr_2 \rangle \} \rightarrow \\
 &\{ \langle d_3 p_1 \rangle, \langle d_3 p_2 \rangle, \dots, \langle d_3 p_m \rangle \} \rightarrow \langle d_3 f_i \rangle,
 \end{aligned} \tag{8}$$

де $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ – множина каналів передавання даних.

Для цілей утворення ефективних хмаркових сховищ даних необхідно забезпечити:

- організацію асинхронного передавання файлів багатьма каналами зв'язку;
- організацію потокового читання файлу і його передавання;
- організацію прийому файлу через декілька каналів зв'язку та його кешування для подальшого запису;
- організацію потокового запису файлу з кешу;
- організацію синхронного підтвердження для завершення передавання файлу.

Сам процес передавання файлу F між абонентами полягає у його поділі на K блоків $F = \{F_1, \dots, F_K\}$ та послідовному передаванні цих блоків через мережу. У свою чергу, приймальна сторона забезпечує приймання чітко визначеної послідовності блоків, збирання з них файлу та надання доступу до нього користувачу. Послідовність передавання визначається тим, що наступний блок не може бути переданий, поки не надійшло підтвердження про приймання попереднього. Тобто, якщо система передавання і має декілька каналів передавання, то така дисципліна передавання обмежує швидкість передавання файлу. З цією метою розроблено метод мультипротокольного передавання даних (рис. 5).

При реалізації методу мультиплексування даних (I_{mpd}) взято до уваги, що сам принцип мультиплексування можна реалізувати декількома шляхами:

1. Канальне мультиплексування – документи діляться на пакети, кожний пакет отримує ідентифікатор документу (каналу передавання даних), який однозначно зв'язує декілька пакетів, що стосуються одного документу.

2. Мультиплексування з розподілом у часі – мультиплексор у кожний момент часу видає в загальний канал дані одного документу, віддаючи йому всю смугу пропускання, але по чергово для різних документів через рівні проміжки часу.

3. Мультиплексування з розподілом за з'єднаннями – між двома точками передавання даних створюється стільки з'єднань, скільки потрібно одночасно передавати документів.

Розроблено метод передавання даних для канального мультиплексування, коли файл знаходиться на одному вузлі і який описується наступним виразом:

$$\langle d_1, f_i \rangle \rightarrow \{\langle d_1, c_1, f_i \rangle, \langle d_1, c_2, f_i \rangle, \dots, \langle d_1, c_n, f_i \rangle\} \rightarrow \{\langle c_1, p_1 \rangle, \langle c_2, p_2 \rangle, \dots, \langle c_n, p_m \rangle\} \rightarrow \{p_1, p_2, \dots, p_m\} \rightarrow \langle d_2, f_i \rangle. \quad (9)$$

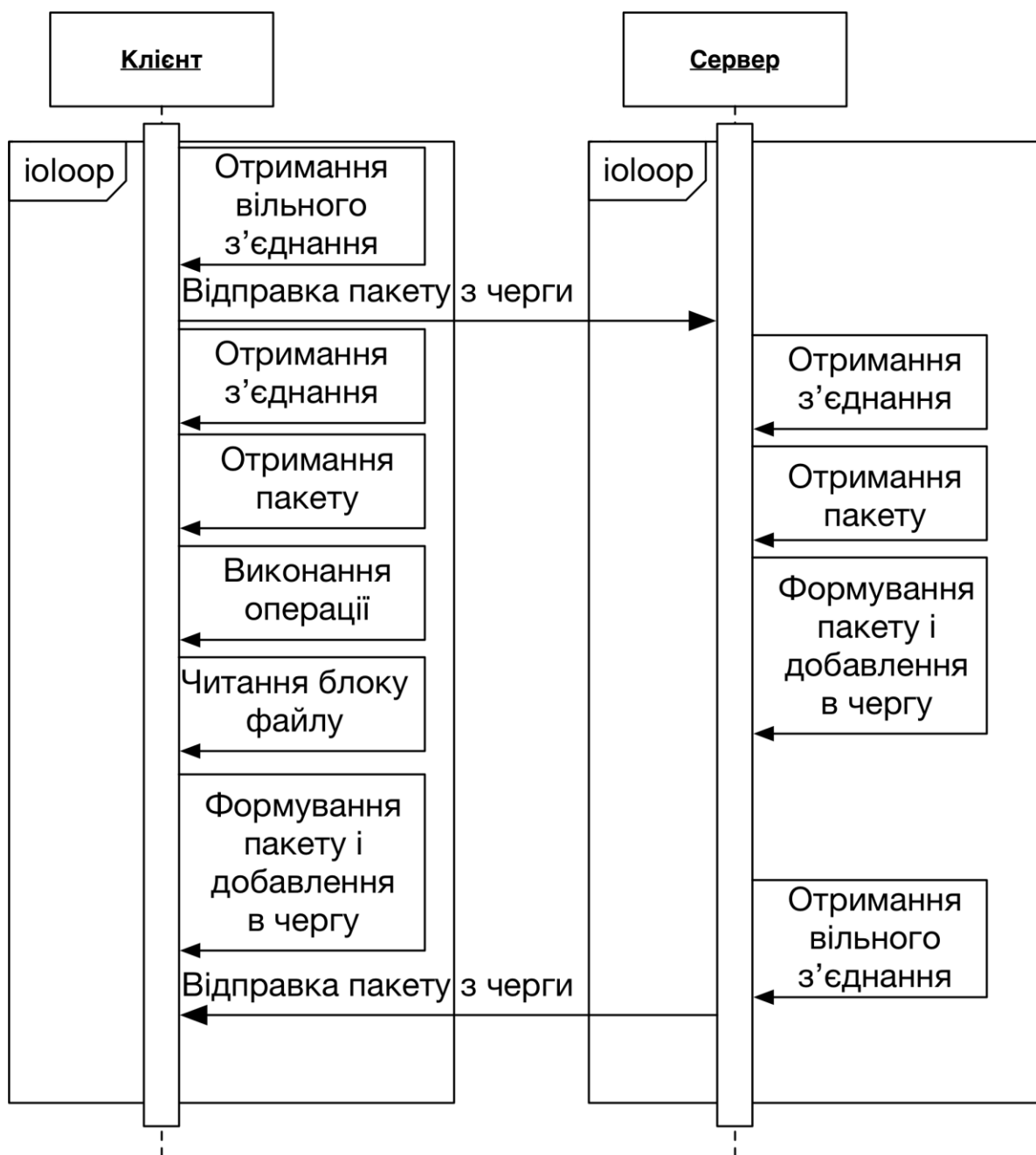


Рис. 5. Діаграма послідовностей операцій мультипротокольного передавання даних. Мультиплексування одного документу з різних вузлів:

$$\{\langle d_1, f_i \rangle, \langle d_2, f_i \rangle, \dots, \langle d_l, f_i \rangle\} \rightarrow \{\langle d_1, c_1, f_i \rangle, \langle d_1, c_2, f_i \rangle, \dots, \langle d_l, c_n, f_i \rangle\} \rightarrow \{\langle d_1, c_1, p_1 \rangle, \langle d_1, c_2, p_2 \rangle, \dots, \langle d_l, c_n, p_m \rangle\} \rightarrow \{p_1, p_2, \dots, p_m\} \rightarrow \langle d_k, f_i \rangle. \quad (10)$$

Перевагами методу мультиплексування документів стали:

- 1) гнучка система передавання даних з конкурентним доступом до них;
- 2) можливість ефективного використання ресурсів при передаванні даних.

Метод вибору шлюзу на основі урахування складності виконання запиту використовує в якості критерію прийняття рішення добуток завантаженості хмарного сховища даних на суму RTT для всього маршруту запиту (BGP_PATH):

$$FQ(q) = CH(S_{cloud}) \cdot \sum_{i=1}^K RTT_i. \quad (11)$$

При надходженні запиту від клієнта до сателіту, сервер отримує наступні дані про клієнта:

- IP-адресу клієнта (в даному випадку унікальний ідентифікатор клієнта точки доступу до даних), і
- локальний час системи користувача.

На основі цих даних отримано:

- RTT (Round-trip delay time) – час від моменту посилки запиту до моменту отримання відповіді;
- BGP_PATH – мережний шлях проходження запиту;
- географічне місцезположення клієнта (за допомогою GeoIP DB).

За відсутності статистичних даних, на основі яких можна прийняти рішення про оптимальний шлях від клієнта до сателіта, можна спробувати оцінити цей шлях за іншою доступною інформацією. Якщо клієнт знаходиться досить близько до іншого клієнта, то їхні BGP-PATH (до одного конкретного сателіту) шляхи практично збігаються, тому з достатнім наближенням можна вважати що їхні RTT параметри до цього сателіту рівні.

Перевагою такого підходу є система дистрибуції даних до кінцевого користувача з максимально швидким доступом на певний момент часу.

Четвертий розділ – «Моделювання та апробація розподіленої мережної архітектури хмарного сховища даних» – присвячено комплексній реалізації практичного використання запропонованих підходів. Зокрема у розділі подано архітектуру системи, програмну реалізацію системи обміну через хмаркове сховище даних у розподіленій мережі та приведено порівняльний аналіз ефективності запропонованих методів.

Проведення комплексного аналізу практичного використання запропонованих методів передбачає розв'язання таких завдань:

- дослідження швидкості передавання даних за різних розмірів протокольного буфера;
- аналіз змін швидкості передавання даних під час передавання одного блоку даних;
- встановлення залежності швидкості передавання даних від величини протокольного буфера;
- формування висновків про ефективність протоколів, які досліджуються.

Розроблено архітектуру хмаркового сховища даних (див. рис. 6). При реалізації та дослідженні цієї архітектури використано два популярні телекомунікаційні протоколи передавання на базі UDP, а саме μTP та UDT, який був удосконалений автором у частині коректної параметричної адаптації для асинхронного передавання даних та був розглянутий і використаний, як частковий

випадок протокольного стеку (окремо від TCP) для побудови та досліджень протоколу сеансового рівня, зокрема в третьому розділі дисертаційної роботи.

Для дослідження було вибрано сервери хмаркового сховища даних, які територіально розміщені в США, Нідерландах та Китаї. Канал зв'язку між серверами сховища 1GB. “Чорною скринькою” в цьому дослідженні є зв'язок, а саме його стабільність та всі можливі брандмауери на заданому телекомунікаційному каналі. Експерименти проводились на файлах розміру понад 200MB. Усі заміри проводились для кожного тесту не менше трьох разів і для аналізу брались усереднені показники. Оскільки експерименти проводилися на одних і тих же даних, трафік для всіх експериментів з певною похибкою є подібним. Передавання даних проводилось симетрично.

У результаті проведених тестових випробувань було отримано залежності часу передавання файлу від розміру буферу (див. табл. 3, рис. 7).

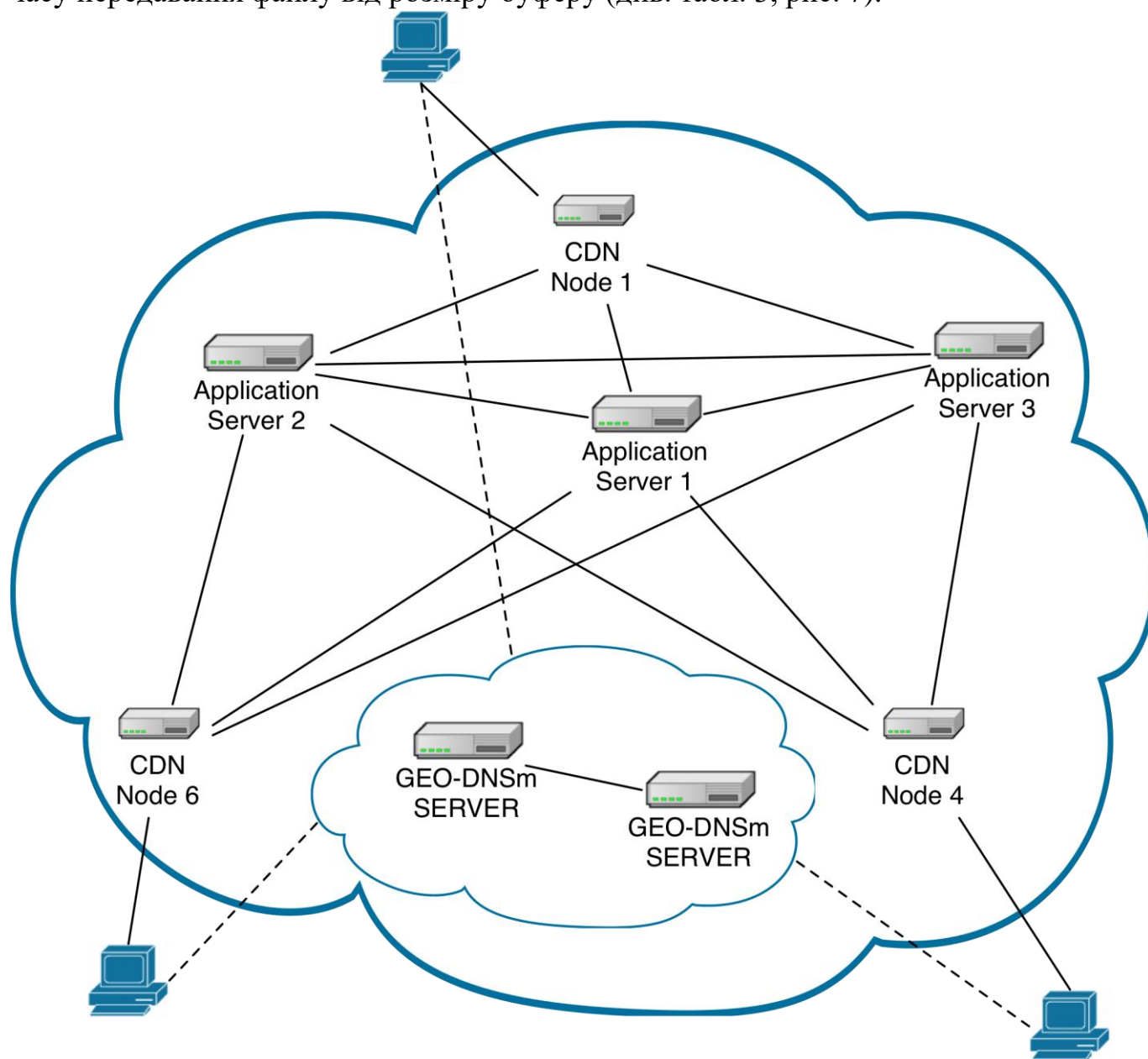


Рис. 6. Архітектура хмаркового сховища даних.

Як видно з графіка рис.7, що показує залежності часу передавання від розміру буфера, швидкість для обох протоколів спадає за експоненціальним законом. Так як міжконтинентальна розподілена мережа є мережею з комутацією пакетів, її математична модель представляється марковським процесом. Властивості цього процесу моделюються розподілом Пуассона:

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}. \quad (12)$$

Таблиця 3. Залежність часу передавання файлу від розміру буфера

Розмір буфера	Час передавання μTP (с)	Час передавання UDT (с)
16384	2439.09	2151.4
32768	1114.08	1811.28
65536	527.74	1655.22
131072	269.1	649.27
262144	136.58	337.64
524288	77.58	169.57
1048576	67.15	67.54
2097152	66.77	29.51
4194304	67.12	13.05
8388608	86.92	6.5
16777216	78.6	6.0
33554432	97.22	6.0
67108864	97.24	6.51
134217728	67.43	5.03
268435456	67.21	6.38
536870912	67.44	5.5

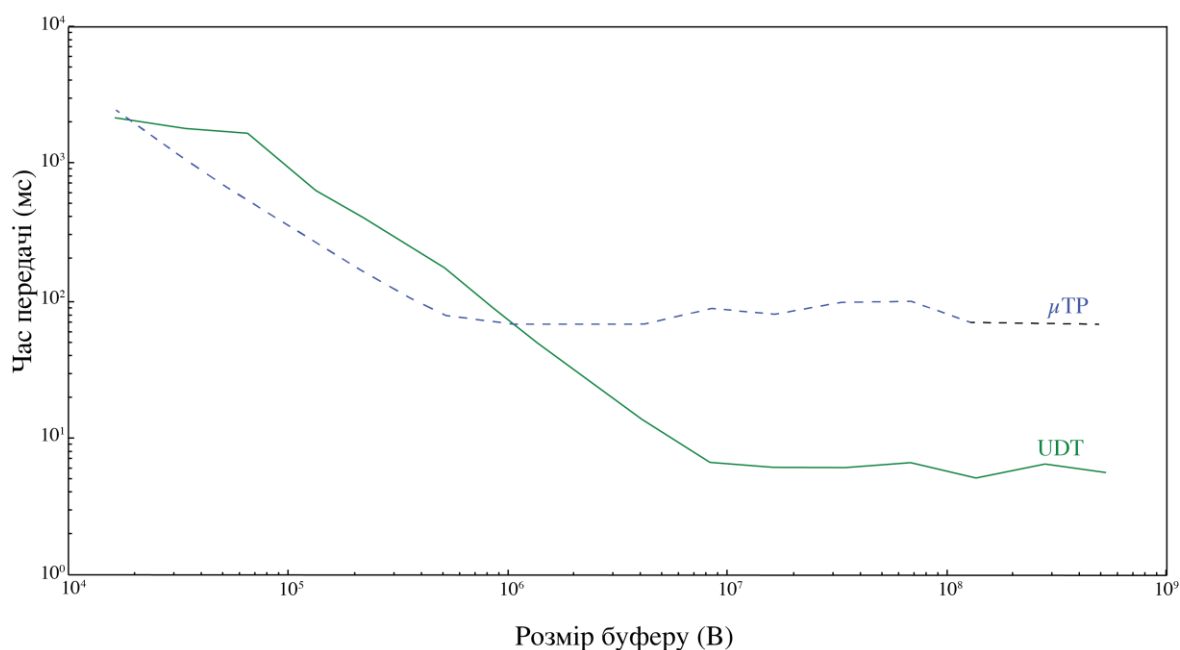


Рис. 7. Залежність часу передавання від розміру буфера.

Відповідно, функція розподілу для моделювання часу передавання в процесі Пуассона є експоненціальною функцією. Згідно цієї моделі, лінія тренду для протоколу UDT $P(x) = 2777e^{-0.47x}$ при $R^2 = 0,89$, а для μTP – $P(x) = 1778e^{-1.32x}$ при $R^2 = 0,86$.

Хоча при розмірах буфера до 1048576 тривалість передавання за протоколом μTP менша за тривалість передавання за протоколом UDT, після подальшого збільшення розміру буфера протокол UDT далі зберігає тенденцію до зменшення тривалості передавання, а для μTP – тривалість практично не змінюється в межах деякого коридору значень. Це може говорити про те, що для протоколу μTP відбувається насичення швидкості, і він практично не може збільшити швидкість передавання. Для протоколу UDT також є така точка, але на рівні розміру буфера – 8388608. При цьому тривалість передавання тестових файлів при оптимальних параметрах обидвох протоколів у 10 разів менша для протоколу UDT, що свідчить про більшу доцільність його використання у порівнянні з μTP .

Дослідження показало, що для протоколів UDT та μTP величина буферу відіграє велику роль у швидкості передавання даних. За своєї простоти та стабільності протокол μTP не дає бажаних результатів за швидкістю.

У свою чергу протокол UDT при дещо нестабільній (велика амплітуда коливань) швидкості передавання даних дає кращі результати за швидкістю. А той фактор, що даний протокол має більш гнучку систему налаштування дає змогу розробникам більш точно його сконфігурувати, а, відповідно – і забезпечити заданий канал передавання даних, у порівнянні з μTP .

У результаті проведеного дослідження було встановлено, що для ефективного передавання даних через міжконтинентальний канал зв'язку необхідно використовувати протокол передавання даних UDT з достатньо великими буферами обміну (від 2MB до 8MB для 1Gb каналу зв'язку). Буфер обміну для UDT більше 8MB суттєво не впливає на швидкість передавання, але збільшує середнє квадратичне відхилення швидкості передавання. У свою чергу, буфер менше 2MB для UDT дає гірші показники, ніж для μTP . Протокол μTP є більш стабільним щодо швидкості та є більш “солідарним” до інших протоколів.

За результатами практичних замірів поточних швидкостей передавання при низьких розмірах буфера середні швидкості UDT і μTP є практично співрозмірними, хоча й μTP показує дещо кращі результати. Для протоколу UDT спостерігається збільшення середньоквадратичного відхилення швидкості, що говорить про зміни швидкості в процесі передавання. При певних параметрах мережі середня швидкість протоколу передавання UDT може навіть в 10-15 разів бути вищою за відповідну середню швидкість за протоколом μTP . Великі значення середньоквадратичного відхилення вказують на значну зміну швидкості у процесі передавання, що негативно впливає на якість обслуговування клієнтів.

При проведенні багаточисельних практичних експериментів з різними параметрами мережі та усереднення результатів замірів було отримано перевищення швидкості в 1.5 рази у порівнянні з протоколом μTP .

У процесі використання хмаркового сховища даних, сервери якого розміщені на різних континентах і пов'язані між собою високошвидкісною телекомунікаційною мережною системою, досить актуальною є підтримка високої швидкості передавання даних. Коливання швидкості несуттєво впливають на роботу системи сховища. Тому отримані в результаті дослідження результати дають змогу зробити висновок про доцільність практичного використання протоколу UDT з достатньо великими буферами передавання для реалізації передавання даних між серверами хмаркового сховища. Практичні експерименти показали, що використання протоколу UDT на високошвидкісних мережах з великим часом затримки достатньо ефективно при збільшенні буферу протоколу передавання даних.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано актуальне наукове завдання розроблення моделей та методів підвищення пропускної спроможності розподілених телекомунікаційних систем високодоступних хмарних сховищ даних на основі нових протоколів доступу. Основні результати дисертаційного дослідження викладені у висновках, які зводяться до наступних положень:

1. Проведено аналіз проблем запровадження та функціонування хмаркових сховищ даних. На основі аналізу виділено технологічні та функціональні проблеми впровадження хмаркових сховищ даних. Зосереджено увагу на нерозв'язаних завданнях побудови розподілених систем передавання даних.

2. Удосконалено модель хмаркового сховища даних шляхом подання її як алгебраїчної системи, яка відрізняється від існуючих введенням у архітектуру пов'язаної телекомунікаційної мережі системи методів опрацювання даних на основі протокольних засобів сеансового рівня, що дало змогу більш точно і повно визначити і використовувати її пропускну спроможність відповідно.

3. Здійснено моделювання завантаженості хмаркових сховищ даних для реального сховища, що дало змогу подати завантаженість хмаркового сховища даних як самоподібний процес із довгостроковою залежністю.

4. Розроблено телекомунікаційний протокол сеансового рівня на базі UDP для магістральних розподілених MAN- мереж, який, на відміну від методу вибору протоколу на всій ділянці мережі, характеризується одержаною пропускною спроможністю, вищою від 1.5 до 2 разів, адаптуючись під кожну ділянку мережі окремо.

5. Запропоновано метод агрегації навантаження декількох джерел даних, який, на відміну від методу балансування навантаження, в режимі реального часу визначає завантаженість сервісів хмаркового сховища даних та каналів телекомунікаційної системи, що дає змогу оптимізувати їх продуктивність.

6. Розроблено метод вибору шлюзу за складністю виконання запиту, який базується на нечітких даних про швидкість обміну з клієнтом і дає змогу вибрати оптимальний за швидкістю маршрут і шлюз передавання даних в реальному часі.

7. Впроваджено створене програмне забезпечення для передавання даних між вузлами хмаркового сховища даних, про що свідчать акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Shakhovska N. Model of Data Warehouse with Uncertain Consolidated Data / N. Shakhovska, R. Strubytskyi // *Appl. Math.* – 2015. – №4. – С. 1753–1762. (Web of science)
2. Strubytskyi R. Modeling and forecasting of cloud data warehousing load / R. Strubytskyi // *Applied computer science.* – 2014. – №1. – С. 30–43. (BazTech, Index Copernicus)
3. Струбицький Р.П. Порівняльний аналіз швидкості роботи протоколів гарантованої передачі даних, базованих на UDP у міжконтинентальній мережі / Р.П. Струбицький // *Вісник Хмельницького нац. ун-ту.* – 2015. – №2. – С. 173–177. (Index Copernicus)
4. Струбицький Р.П. Аналіз підходів до моделювання хмаркових сховищ даних / Р.П. Струбицький, Н.Б. Шаховська // *Актуальні проблеми економіки: Науковий економічний журнал.* – 2013. – №11. – С. 263–269. (Scopus)
5. Струбицький Р.П. Аналіз загроз хмарковим сховищам даних та методів їх захисту / Р.П. Струбицький, П.Р. Струбицький, Н.Б. Шаховська // *Наукові праці. Комп'ютерні технології.* – 2013. – №217. – С. 35–38.
6. Струбицький Р.П. Розробка протоколу сеансового рівня для високошвидкісних регіонально-розподілених мереж / Р.П. Струбицький // *Проблеми інформатизації та управління.* – 2015. – №50. – С. 109–117.
7. Струбицький Р.П. Самоподібна модель завантаженості хмаркових сховищ даних / Р.П. Струбицький // *Вісник Нац. ун-ту "Львів. політехніка".* – 2015. – №814. – С. 147–156.
8. Струбицький Р.П. Аналіз інфраструктури та моделей організації хмаркових сховищ даних / Р.П. Струбицький, Н.Б. Шаховська // *Вісник Нац. ун-ту "Львів. політехніка".* – 2014. – №783. – С. 225–233.
9. Струбицький Р. П. Практичний метод вибору оптимального шляху доступу до хмаркового сховища / Р. П. Струбицький, О.М. Найда // «Проблеми автоматизації та управління». Збірник наукових праць: випуск 3(51). К.: НАУ. – 2015. – С. 110–115.
10. Strubytskyi R. Organization of Cloud Storage Data in Distributed Systems / R. Strubytskyi // *Proceeding of the XIIIth International Conference “Modern problems of radio engineering, telecommunications and computer science (TCSET’2016)” Lviv–Slavske, Ukraine, February 23–26, 2016.* - С. 463–467.
11. Струбицький Р.П. Моделювання транспортних протоколів доступу до хмаркових сховищ даних / Р.П. Струбицький // *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів "Інформаційні технології, економіка та право: стан та перспективи розвитку".* – 2014. – №11. – С. 47–48.
12. Струбицький Р.П. Побудова моделей високошвидкісних потоків для хмаркових сховищ / Р.П. Струбицький // *Матеріали V Всеукраїнської школи-семінару молодих вчених і студентів "Сучасні комп'ютерні інформаційні технології (АСІТ'2015)".* – 2015. – С. 161–163.

13. Струбицький Р.П. Підходи до мультиплексування передачі документів у розподілених мережах / Р.П. Струбицький // Збірник тез доповідей науково-практичної конференції "Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем (SITS'2015)". – 2015. – С. 99–100.

14. Струбицький Р.П. Практична реалізація відмовостійкого захищеного сховища даних навчального закладу засобами відкритого програмного забезпечення / Р.П. Струбицький, П.Р. Струбицький // Збірник наукових праць науково-практичної конференції "Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем (SITS'2014)". – 2014. – С. 32–34.

15. Струбицький Р.П. Аналіз загроз хмарковим сховищам даних та методи їх захисту / Р.П. Струбицький, П.Р. Струбицький, Н.Б. Шаховська // Збірник наукових праць науково-практичної конференції "Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем (SITS'2013)". – 2013. – С. 68–72.

АНОТАЦІЯ

Струбицький Р.П. Методи та алгоритми побудови хмаркових сховищ даних на основі розподілених телекомунікаційних систем. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. - Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, 2017.

Дисертаційну роботу присвячено розробленню елементів телекомунікаційної мережної архітектури для передавання даних через хмарні сховища. Вдосконалено модель хмаркового сховища даних і досліджено методи та протоколи доступу до нього. Проаналізовано основні підходи та проблеми реалізації хмаркових сховищ даних. Проведено аналіз методів транспортування даних в розподілених телекомунікаційних системах. Розроблено архітектуру сховища, що дало змогу збільшити продуктивність та відмовостійкість системи в цілому, шляхом введення блоку вибору оптимального шлюзу для передавання даних. Створено уніфікований протокол передавання даних транспортного рівня на базі UDP для високошвидкісних регіонально-розподілених мереж, ефективність якого підтверджена як стендовими, так і натурними експериментами. Розроблено метод мультипротокольного передавання даних у хмаркових сховищах, який, на відміну від методу вибору протоколу на всій ділянці мережі, характеризується вищою продуктивністю, адаптуючись під кожен ділянку мережі окремо. Запропонований метод дозволив розв'язати завдання передавання даних через різномірні телекомунікаційні мережі. Набув подальшого розвитку метод мультиплексування даних з різних джерел даних для хмаркового сховища, який, на відміну від методу балансування навантаження, в режимі реального часу визначає навантаженість каналів передавання, що дає змогу задіяти вільні канали передавання даних. Шляхом зменшення необхідної тривалості доступу користувача до даних збільшується ефективність обслуговування клієнтів. Створено динамічний метод вибору шлюзу за складністю виконання запиту, який дозволяє отримати найкоротший шлях від користувача до даних. На основі розробленої архітектури,

протоколу та методів побудовано хмаркове сховище даних, яке пройшло успішну апробацію на практиці.

Ключові слова: хмаркове сховище, протокол передавання даних, архітектура сховища, мультипротокольне передавання, мультиплексування даних, вибір шлюзу передавання.

АННОТАЦИЯ

Струбицкий Р.П. Методы и алгоритмы построения облачных хранилищ данных на основе распределенных телекоммуникационных систем. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.02 - телекоммуникационные системы и сети. - Национальный университет “Львівська політехніка”, Львов, 2017.

Диссертационная работа посвящена разработке элементов телекоммуникационной сетевой архитектуры для передачи данных через облачные хранилища. Усовершенствована модель облачного хранилища данных, исследованы методы и протоколы доступа к нему. Проанализированы основные подходы и проблемы реализации облачных хранилищ данных.

Проведен анализ различных архитектур хранения данных, исследованы основные подходы к облачным технологиям, выделены особенности формирования архитектуры облачных хранилищ данных и их проблематика, проведен анализ транспортирования данных в распределенных телекоммуникационных системах.

Для определения узких мест в процессе хранения и передачи данных с целью их преодоления созданы модели как самых протоколов передачи, так и полная модель передачи данных “из конца в конец”.

Разработана архитектура облачных хранилищ данных, что позволило увеличить производительность и отказоустойчивость системы в целом, путем введения блока выбора оптимального шлюза для передачи данных.

Создан унифицированный протокол передачи данных транспортного уровня на базе UDP для высокоскоростных регионально-распределенных сетей. Эффективность предложенного протокола подтверждена как стендовыми испытаниями, так и в реальной межконтинентальной сетевой среде.

Разработан метод мультипротокольной передачи данных в облачных хранилищах, который, в отличие от метода выбора протокола на всем участке сети, характеризуется высокой производительностью, адаптируясь под каждый участок сети отдельно. Такой подход разрешил проблему передачи через разнородные телекоммуникационные сети.

Получил дальнейшее развитие метод мультиплексирования данных из различных источников для облачного хранилища данных, который, в отличие от метода балансировки нагрузки в режиме реального времени, определяет загруженность каналов передачи, что позволяет задействовать свободные каналы передачи данных. Путем уменьшения необходимого времени доступа пользователя к данным увеличивается эффективность обслуживания клиентов, что является немаловажным условием использования облачных технологий, как сервиса.

Создан метод выбора шлюза по сложности запроса, который позволяет получить кратчайший путь от пользователей к данным. Кратчайший путь определяется динамически, в зависимости от местонахождения пользователя, особенностей его данных, загрузки различных участков сети.

На основе разработанной архитектуры, протокола и методов построено облачное хранилище данных. Предложенное хранилище прошло успешную апробацию и на практике используется в проектах хранения данных, о чем свидетельствуют акты о внедрении.

Ключевые слова: облачное хранилище, протокол передачи данных, архитектура хранилища, мультипротокольная передача, мультиплексирование данных, выбор шлюза передачи.

ABSTRACT

Strubytskyi R.P. Methods and algorithms for construction of cloud data storages based on distributed telecommunication systems. – On the rights of the manuscript.

A thesis submitted in fulfilment of the Ph. D. degree on specialty 05.12.02 – telecommunication systems and networks. – Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2017.

The thesis is devoted to development of elements of the telecommunications network architecture to transfer data through cloud storages. The model cloud data storage was improved, methods and protocols for cloud storage access were researched. The basic approaches and problems of cloud storage implementing were analysed. Methods for transporting data in distributed telecommunication systems were analyzed. New architecture of cloud storage made it possible to improve productivity and fault tolerance of the system as a whole. The transport protocol was created which based on UDP for regional distributed networks. The method of multi-protocol data transfer in cloud storages was developed, which has higher productivity as opposed to the method of selecting a one protocol. The method of multiplexing data from different data sources in the cloud storage got the further development. This method allows to use available data channels more effectively by their utilization as opposed to the method of load balancing. The method of choosing gateway by complexity of request was established, which provides a short way from user to the data storage system. Developed cloud data storage based on the proposed architecture, protocol, and methods.

Key words: Cloud Storage, Data Transfer Protocol, Storage Architecture, Multi-protocol Transmission, Multiplexing of Data, Choice of Media Gateway.

Підписано до друку 30.01.2017 р.
Формат 60x84/16.
Папір друк. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 0,9.
Наклад 100 прим. Зам. № 01/17/9-78

Віддруковано у видавничому центрі "Вектор"
46018, м. Тернопіль, вул. Львівська, 12,
Тел. 8 (0352) 40-08-12

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ТР № 46 від 07 березня 2013р.
ФО Осадца Ю.В.