

**Abstract**

*The article represents the information technology of evaluating of reliability of information systems, the knowledge domain of which changes during their exploitation. It was shown that the use of the traditional reliability theory of software systems is incompetent, as the processes of fault localization are not random. The theoretical base of the technology is the dynamics theory of software systems, which is not based on the probability theory and allows evaluating with high accuracy and in real time the number of faults in the software of the system, the number of secondary faults and the time of their deletion. The software tools for reliability evaluation are designed as separate subsystems: user and designer. In the user's subsystem, the data gathering on the faults is carried out, and in the designer subsystem, these data is systematized and the state of system reliability is evaluated. The research showed that the application of the designed information technology allowed 2,5 times more accurate evaluation of reliability indices of dynamic information systems*

**Keywords:** reliability, information system, dynamic system, faults, secondary faults, theory of software system dynamics

*Представлено модель кластерної платформи інформаційної мережі вузу з метою її оптимізації. Дослідження присвячено вирішенню актуального завдання підвищення ефективності та одночасного доступу до сукупності веб-сервісів і інформаційних баз даних у процесі навчання*

**Ключові слова:** навчальні матеріали, інформаційна мережа, оптимізація доступу

*Представлена модель кластерной платформы информационной сети вуза с целью ее оптимизации. Исследование посвящено решению актуальной задачи повышения эффективности и одновременного доступа к совокупности веб-сервисов и информационных баз данных в процессе обучения*

**Ключевые слова:** учебные материалы, информационная сеть, оптимизация доступа

УДК 004.3

# ОПТИМІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ВУЗУ

**Г. Г. Киричек**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра комп'ютерних систем та мереж  
Запорізький національний технічний університет  
вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, Україна,  
69063

Контактний тел.: (061) 787-56-31  
E-mail: kirichek@zntu.edu.ua; kirgal08@mail.ru

## 1. Вступ

На даний час у вищих навчальних закладах (ВНЗ) збільшилася кількість веб-сервісів, які надаються студентам. Це доступ до:

- систем контролю знань студентів, які дозволяють дистанційно проходити тестування з певної дисципліни;
- навчальних середовищ, які найбільш близькі до поняття веб-систем управління освітнім процесом. Прикладами таких середовищ є eFront, Moodle, ILIAS, Прометей та ін.;
- веб-сервісів, які підтримують реалізацію online-лекцій, проведення практичних занять викладачами та семінарів у режимі реального часу;
- електронних бібліотечних систем з безліччю інформаційних і навчальних матеріалів.

Одночасний доступ до сукупності перерахованих веб-сервісів і систем, інтеграція їх в рамках єдиної платформи викликає певні збої в комп'ютерній мережі, тому вимагає нового підходу до реалізації засобів сучасного доступу, методом забезпечення кластерної

платформи центру інформаційної підтримки навчального процесу. Це надасть можливість підвищити продуктивність систем інформаційного забезпечення, що є актуальним, перспективним і до кінця невирішеним завданням.

Попередні дослідження, які проводились у Запорізькому національному технічному університеті (ЗНТУ) надали можливість визначити вимоги до застосування кластерної платформи центру інформаційного забезпечення [1].

## 2. Постановка задачі

Grid претендує на роль універсальної інфраструктури для обробки даних, в якій функціонує безліч сервісів (GridServices), які дають нову якість вирішення обчислювальних задач. В наукових роботах вчених вже проведено аналіз концепції, архітектур і ресурсів сучасних Grid; систематизовані відомості про методи розробки архітектур розподілених систем з використанням технології Grid; наведено проекти побудови

Grid-інфраструктури в Україні [2-4]. Сучасні методи і технології цього напрямку можна використовувати та застосовувати при організації центрів інформаційної підтримки навчання у ВНЗ.

Накопичення знань та забезпечення доступу до них, шляхом формування комп'ютерної інфраструктури збереження і поширення інформації, аналіз можливостей її використання в процесі підготовки фахівців у ВНЗ є актуальним завданням, потребуючим проведення досліджень.

Розподіл, або вирівнювання навантажень, які припадають на декілька серверів, дозволяє уникнути такої ситуації, коли пакети, що передаються мережею, лавиною обрушуються на один сервер, в той час як інші сервери простоюють без діла. У тих випадках, коли інформаційні ресурси розміщуються на декількох дзеркальних вузлах, системи балансування навантажень визначають відповідний для клієнта вузол за допомогою вже описаних механізмів вибору сервера.

Проведені дослідження показали, що на сьогоднішній день існує проблема завантаженості центральної мережі університету при одночасному використанні навчальних матеріалів і засобів в процесі навчання, а також зменшення об'ємів дискового простору на серверах з інформаційними базами даних. Вони виникли в наслідок того, що розміри масивів даних серверів вже перевищують сотні гігабайт, а навчальні матеріали містять відео та аудіо файли. Тому при великій кількості одночасних звернень користувачів до єдиного інформаційного середовища, формуються черги запитів і відбуваються затримки в очікуванні відповідей, які знижують ефективність навчання.

Аналіз комп'ютерної мережі ЗНТУ та технологій її використання надали можливість зробити висновок, що при існуючій конфігурації збільшується ймовірність виходу з ладу пристроїв та мережі в цілому. Для уникнення таких неприємностей було вирішено реорганізувати мережу, зробити її здатною витримувати досить великі навантаження, забезпечити більш високий ступінь захищеності та стійкості до відмов. Тому для зменшення навантаження на головний сервер ВНЗ, який забезпечує підтримку сукупності інформаційних баз даних та web-сервісів, запропоновано перенести його на кластер серверів. Це дозволить підвищити продуктивність інформаційної мережі та забезпечити більш високу відмовостійкість на апаратному рівні.

### 3. Проектування системи

#### 3.1. Кластерна структура серверу

Фізично кластер організовано як групу серверів, об'єднаних логічно. Вони здатні обробляти запити, які надходять від користувачів, і використовуються як єдиний ресурс. Реалізація кластеру відбувається, в основному, використовуючи локальну мережу університету.

У більшості випадків, кластери серверів функціонують на роздільних комп'ютерах. Це дозволяє підвищувати продуктивність за рахунок розподілу навантаження на апаратні ресурси і забезпечує відмовостійкість на апаратному рівні. Однак, принцип організації кластера серверів (на рівні програмного протоколу) дозволяє виконувати по декілька програмних

серверів на одному апаратному. Таке використання може бути потрібне:

- при розробці та тестуванні кластерних рішень;
- при необхідності забезпечити доступність кластера тільки з урахуванням частих змін конфігурації серверів - членів кластеру, які вимагають їх перезавантаження (перезавантаження проводиться по черзі) в умовах обмежених апаратних ресурсів. За основу структури взята класична трирівнева ієрархічна модель де розподіл об'єктів відбувається не за фізичними функціями, а за логічними.

На рівні поширення здійснюється маршрутизація трафіку користувачів між віртуальними мережами (VLAN) та його фільтрація на основі ACL, описується політика мережі для кінцевих користувачів і формуються домени broadcast і multicast розсилки, використовуються статичні маршрути для зміни в маршрутизації на основі динамічних протоколів. А також застосовується обладнання з великою ємністю портів SFP [5].

Велика кількість портів забезпечує можливість підключення безлічі вузлів рівня доступу, а інтерфейс SFP надає вибір при використанні електричних або оптичних зв'язків на нижчому рівні.

У мережі ВНЗ розміщуємо комутатори з функціями маршрутизації (L2/3) та принципом налаштування: VLAN кожного сервісу на один вузол рівня Access. Головна інформаційна магістраль включає сім комутаторів CISCO 2960 (по одному на кожен інститут і бібліотеку).

Даний системний підхід та методи, застосуємо при забезпеченні доступу до інформаційних масивів в процесі отримання знань для одного з шести інститутів ЗНТУ, як сегменту даної моделі. За основу візьмемо інститут інформатики і радіоелектроніки, який нараховує 2 факультети і 8 кафедр. Побудуємо для цієї навчальної структури модель доступу до інформаційних масивів у процесі навчання, де:

- InstN - маршрутизатор інституту;
- Fak (1, ..., N) - комутатори факультетів;
- Caf (1, ..., N) - комутатори кафедр;
- CafWi-Fi - бездротова точка доступу для кожної кафедри;
- AudN - комутатори аудиторій.

Розглянемо гілку одного факультету більш докладно (рис.1). При цьому додатково підключимо до комутаторів кожної кафедри точки доступу Wi-Fi LinksysWRT300N.

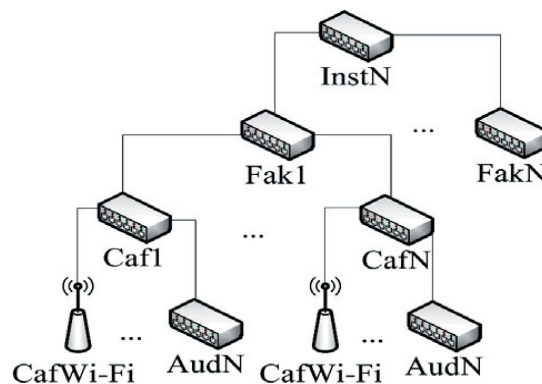


Рис.1. Загальна модель рівня поширення

### 3.2. Імітаційне моделювання мережі

Одним із методів досліджень функціонування інформаційної мережі вузу, було імітаційне моделювання її роботи у програмному середовищі Packet Tracer 5.3. Це забезпечило можливість моделювання колізій та затримок у часі, які стали ключовими факторами при проведенні досліджень та оцінки існуючої ситуації при проектуванні реальної мережі.

Загальний час обробки звернень до серверу встановлено методом його максимального навантаження при одночасних зверненнях користувачів до файлового серверу з сукупністю баз даних. Він надає доступ до ресурсів, обробляє велику кількість трафіку, зберігає файли великого об'єму та архіви. Від швидкості доступу до нього залежить реалізація задачі віддаленого доступу до систем інформаційного забезпечення. Генерацію пакетів було проведено шляхом підключення серверів різних кафедр до комутаторів, які генерують трафік на потрібну адресу та визначений порт.

Результати тестування наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати тестування при навантаженні на мережу ЗНТУ

Навантаження на сервер, байт/0,25сек	Доступ із аудиторії до Internet, мс	Втрати пакетів при доступі із аудиторії до Internet, %	Доступ із аудиторії до серверу, мс	Втрати пакетів при доступі із аудиторії до серверу, %	Доступ із аудиторії до бібліотеки, мс	Втрати пакетів при доступі із аудиторії до бібліотеки, %	Доступ із Internet до серверу, мс	Втрати пакетів при доступі із Internet до серверу, %	Доступ із Internet до бібліотеки, мс	Втрати пакетів при доступі із Internet до бібліотеки, %
0	14	0	16	0	19	0	13	0	17	0
15000	15	0	19	0	20	0	15	0	17	0
30000	20	0	27	0	33	0	27	0	25	0
45000	68	0	105	0	341	0	964	60	204	0
60000	600	0	1617	90	449	0	1313	70	278	0
75000	778	0	∞	100	515	0	∞	100	296	0
90000	1074	0	∞	100	598	0	∞	100	360	0

З одержаних при проведенні аналізу графіків (рис. 2 та рис. 3) маємо, що при максимальному навантаженні, в мережі даної конфігурації, ми втрачаємо доступ до web-серверу.

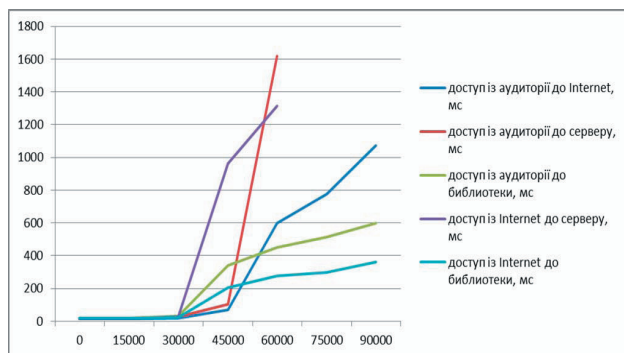


Рис. 2. Залежність часу доступу від розміру трафіка

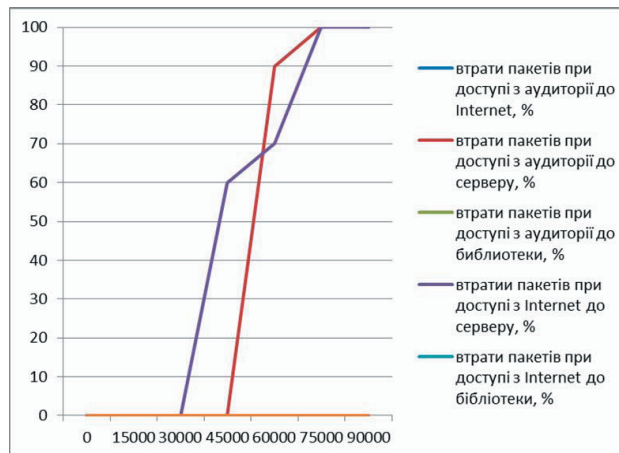


Рис. 3. Залежність відсотку втрат від розміру трафіка

Кластеризація дозволяє досягти більшої працездатності рівня доступу та поширення. Кожний вузол кластера має свої власні ресурси (процесори, пристрої вводу/виводу, пам'ять, операційну систему, інформаційні ресурси та т.ін.) і контролює користувачів, які мають до нього доступ. Високий рівень доступності серверного кластера забезпечується можливістю автоматичного відновлення у випадку відмови. Коли один з вузлів виходить із ладу, його ресурси переключаються на один або декілька інших вузлів, які входять у кластер. Як тільки вузол відновляє свою роботу в нормальному режимі, його ресурси вручну або автоматично переключаються назад. Серверні кластери легко розширюються, при цьому немає необхідності переривати їхню роботу. Для виконання модернізації компонентів одного сервера його функції примусово передаються іншим серверам кластера, після чого відключається сервер і додаються потрібні компоненти. Потім сервер знову приєднується до кластера та на нього з інших серверів перемикаються функції, які ним виконувались раніше [5].

Додатки можуть переміщатися з одного сервера на інший або запускатися на декількох серверах одночасно, і всі такі групові операції відбуваються непомітно для користувача. Наведене вище є підтвердженням доцільності рознесення сервісів одного серверу на кластер серверів.

### 3.3. Оптимізація моделі

Для реалізації швидкого доступу к інформаційним базам даних ВНЗ до комутатора кластера додано маршрутизатор з доступом в Інтернет. Аналогічний підхід було застосовано при підключенні інформаційного сегменту бібліотеки. Виходячи зі специфічних умов надання інформації студентам при навчанні та самопідготовці, забезпечення додаткового виходу в мережу Інтернет та доступу до інформаційних ресурсів з мережі Інтернет, до комутатора бібліотеки також було підключено маршрутизатор.

В результаті отримали оптимізований рівень розподілу (рис. 4).

Використання декількох робочих процесів, з одного боку, дозволяє знизити навантаження на кожний конкретний робочий процес, а з іншого, запуск сукупності робочих процесів дозволяє більш ефективно використати апаратні ресурси робочого сервера.

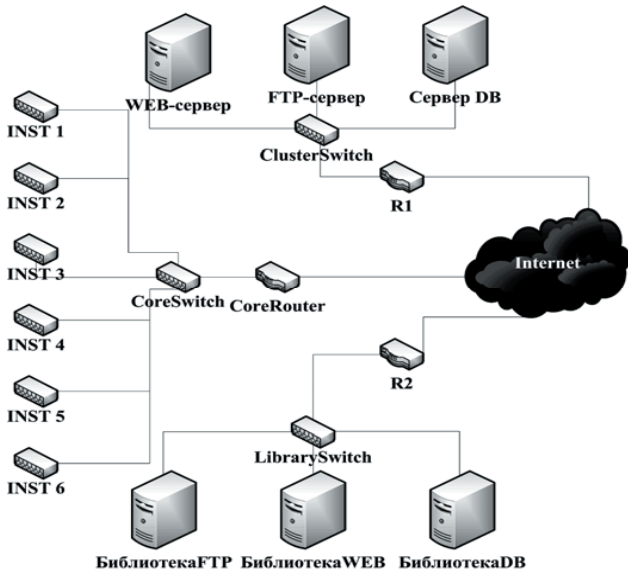


Рис. 4. Оптимізований рівень розподілу

Крім цього запуск декількох робочих процесів дозволяє підвищити надійність сервера, ізолювавши групи клієнтів, які працюють із різними інформаційними базами. У кластері, в якому можливий запуск декількох робочих процесів, кожен з них може бути автоматично перезапущено після закінчення часу, встановленого адміністратором кластера.

Збільшення кількості робочих серверів, які входять у кластер, дозволяє використовувати більшу кількість робочих процесів (обслуговувати більше клієнтських з'єднань), не збільшуючи при цьому навантаження на кожний конкретний робочий процес. Для перевірки ефективності роботи файл- та WEB-серверів при доступі до інформації в процесі навчання з максимальним навантаженням, проведено тестування (табл. 2).

Таблиця 2

Результати тестування при навантаженні на оптимізовану мережу ЗНТУ

Навантаження на сервер, байт/0,25сек	Доступ із аудиторії до Internet, мс	Втрати пакетів при доступі із аудиторії до Internet, %	Доступ із аудиторії до серверу, мс	Втрати пакетів при доступі із аудиторії до серверу, %	Доступ із аудиторії до бібліотеки, мс	Втрати пакетів при доступі із аудиторії до бібліотеки, %	Доступ із Internet до серверу, мс	Втрати пакетів при доступі із Internet до серверу, %	Доступ із Internet до бібліотеки, мс	Втрати пакетів при доступі із Internet до бібліотеки, %
0	14	0	16	0	19	0	13	0	17	0
15000	15	0	19	0	20	0	17	0	17	0
30000	17	0	21	0	18	0	24	0	20	0
45000	25	0	39	0	19	0	40	0	31	0
60000	60	0	39	0	27	0	52	0	31	0
75000	100	0	774	50	255	0	181	0	72	0
90000	276	0	927	80	295	0	290	0	189	0

Отримали графіки залежності часу доступу (рис. 5) та загального відсотку втрат (рис. 6) від розміру трафіка.

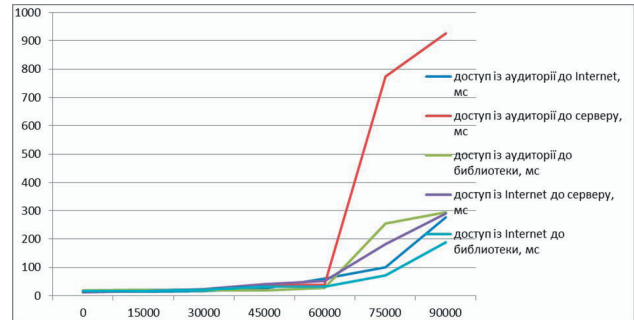


Рис. 5. Залежність часу доступу від розміру трафіка

Виходячи з наведених графіків можна зробити висновки, що після проведених змін покращено стійкість web-серверу при доступі з Інтернет, що забезпечує підвищення ефективності та якості навчального процесу за допомогою швидкого і відказостійкого доступу до інформаційних баз даних в процесі навчання.

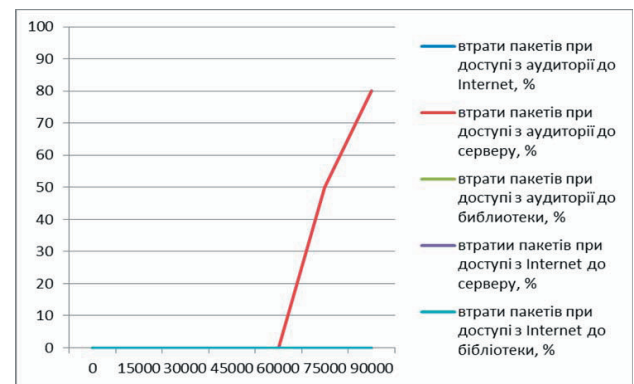


Рис. 6. Залежність відсотку втрат від розміру трафіка

До рівня доступу фізично приєднуються самі користувачі в процесі отримання інформаційних ресурсів з навчальних баз даних. На рівні доступу розташовані користувачі інформаційної мережі та адміністратори мережі.

Трафік з користувацьких портів маркується потрібними позначками DSCP та застосовуються комутатори L2 з принципом налаштування: VLAN послуги на порт користувача + керуючий VLAN на пристрій доступу.

Розподіл мережного навантаження здійснюється з використанням служби Network Load Balancing (NLB), яка дозволяє виконувати динамічний розподіл мережових запитів по різних вузлах кластера.

Виходячи з цього отримали загальну схему мережі інформаційного забезпечення навчального процесу вузу, яка базується на кластерній платформі, з можливістю динамічного додавання та видалення елементів кластера.

Доступ до інформації при цьому здійснюється за єдиною віртуальною адресою.



---

#### 4. Висновки

---

Загальна задача була вирішена шляхом вдосконалення мережі, яка існувала в вузі, шляхом впровадження кластерної платформи для системи інформаційної підтримки навчання.

У ході роботи отримана кластерно-модульна система серверів і оптимізована загальна структура мережі університету, з урахуванням підвищення ефективності інформаційної підтримки навчального процесу за рахунок збільшення швидкості доступу

до масивів інформаційних баз даних і пропускної здатності мережі.

Реалізовано кластер на основі серверів інститутів і кафедр вузу, що дозволило знизити загальне навантаження на систему. При цьому розміщення серверів в кластері також знизило навантаження на кожен з серверів.

Виходячи з отриманих результатів маємо підтвердження, що реорганізована система здатна витримувати значно більші навантаження, при постійному її використанні, порівняно з не реорганізованою.

---

#### Література

1. Шкарупило В.В. Исследование с помощью статистических программ целесообразности внедрения стандарта 10G-Ethernet в кластерах вузов [Текст] / В.В. Шкарупило, К.Н. Касьян, А.Г. Маркин // Радиоелектроніка. Інформатика. Управління. – 2010. – №2. – С.153–156.
2. Stockinger H. Defining the GRID: A Snapshot on the Current View / H. Stockinger // Supercomput. – 2007. – P.6-9.
3. Петренко А.І. Національна Grid – інфраструктура для забезпечення наукових досліджень і освіти [Текст] / А.І. Петренко // Системні дослідження і інформаційні технології. – 2008. – №1. – С.79-92.
4. Zgurovsky M.Z. Impact of the Information Society on Sustainable Development: Global and Regional Aspects / M.Z. Zgurovsky // Data Science Journal. – 2007. – №6.
5. Олифер В. Г. Компьютерні мережі. Принципи, технології, протоколи: [Текст] / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. // Підручник для вузів. – 4-е вид. – СПб.: Питер, 2010. – 944с.: іл.

#### Abstract

*The article represents the model of cluster platform of information network of a university with the aim of its optimization. The research is devoted to the improvement of efficiency and simultaneous access to web-services and databases in the learning process.*

*The cluster is organized as a logically combined group of servers. They are able to handle the requests, received from users, and are used as a single resource. The implementation of the cluster is carried out mainly using LAN of a university.*

*The total time of processing of server requests is set by the method of its maximum load at simultaneous requests of users to the file server with a set of databases. It provides access to resources, handles a lot of traffic, and stores a large volume of files and archives. The realization of remote access to the dataware systems depends on the access speed to the file server. The generation of packages was carried out by connecting the servers of various departments to the switches that generate traffic to the desired address and specified port.*

*The usage of few operation processes, on the one hand, reduces the load on each specific process. On the other hand, the launching of the set of processes allows the efficient use of hardware resources of working server.*

*Besides, the launching of the set of processes improves the reliability of the server, having isolated the groups of clients, working with different infobases. In a cluster, where the launch of the set of processes is possible, each of them can be automatically restarted after the time, specified by the administrator of the cluster, is completed*

**Keywords:** educational materials, information network, access optimization