

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин
(повна назва)

АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Модель та методи керування ресурсами
комп'ютерних систем зберігання даних

(тема)

Виконав:

студент _____ II _____ курсу, групи _____ КСМм-19-1
Ільницький Д.М.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність _____
123 – Комп'ютерна інженерія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____
Комп'ютерні системи та мережі
(повна назва освітньої програми)

Керівник: _____ доц. Знайдюк В.Г.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ

_____ Коваленко А.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

2020 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 – Комп'ютерна інженерія _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Комп'ютерні системи та мережі _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

Студентові _____ Ільницькому Дмитру Миколайовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модель та методи керування ресурсами комп'ютерних систем зберігання Даних

затверджена наказом по університету від “ 30 ” жовтня 2020 р. № №1487Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 14 грудня 2020 р.

3. Вхідні дані до роботи _____

Системи зберігання даних _____

Керування ресурсами _____

Математичні моделі _____

Методи керування _____

RAID-масиви _____

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Системи зберігання даних _____

Керування ресурсів СЗД _____

Моделі СЗД _____

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) Слайд презентація – 14 слайдів.

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літератури	03.11.20-09.11.20	
2	Вибір технологій керування ресурсами	10.11.20-13.11.20	
3	Створення моделі керування ресурсами СЗД	14.11.20-30.11.20	
4	Формування пояснювальної записки	01.12.20-09.12.20	
5	Створення презентації	10.12.20-12.12.20	

Дата видачі завдання 02 листопада 2020 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

доц. Знайдюк В.Г.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка атестаційної роботи: 71 с., 11 рис., 1 табл., 1 дод., 14 джерел.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА, МОДЕЛЬ, СИСТЕМА ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ, DAS, NAS, SAN, КЕРУВАННЯ РЕСУРСАМИ, МЕРЕЖА КОХОНЕНА.

Метою атестаційної роботи є представлення та аналіз моделей і методів керування ресурсами комп'ютерних систем керування даних.

У ході виконання атестаційної роботи були проаналізовані комп'ютерні системи зберігання даних, різновиди систем зберігання даних, системи персональних комп'ютерів, Direct Attached Storage, Network Attached Storage, Storage Area Network, керування ресурсів, математичні моделі керування ресурсами, представлена багаторівнева модель зберігання даних, проаналізовані механізми розподілу даних за рівнями систем керування даних, зроблені висновки.

ABSTRACT

Master's thesis: 71 pages, 11 figures, 1 tables, 1 appendices, 14 sources.

COMPUTER SYSTEM, MODEL, DATA STORAGE SYSTEM, DAS, NAS, SAN, RESOURCE MANAGEMENT, KOHONEN NETWORK.

The major goal of this thesis is presentation and analysis of models and methods of resource management of computer data management systems

During the certification work, computer storage systems, types of storage systems, personal computer systems, Direct Attached Storage, Attached Storage Network, Storage Area Network, resource management, mathematical models of resource management, a multilevel data storage model is presented, the mechanisms of data distribution by levels of data management systems are analyzed, conclusions are made, conclusions were analyzed.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	8
1 СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ	10
1.1 Системи зберігання даних.....	10
1.2 Аналіз існуючих КС для зберігання даних.....	18
1.3 Програмне забезпечення і технології систем зберігання.....	24
2 КЕРУВАННЯ РЕСУРСАМИ СЗД.....	29
2.1 Керування ресурсами.....	29
2.2 DAS.....	29
2.3 NAS.....	32
2.4 SAN.....	35
2.5 Топологія і переваги SAN-мереж.....	39
3 МОДЕЛЮВАННЯ	44
3.1 Функціонування моделі.....	44
3.2 Моделі керування ресурсами.....	47
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	62
ДОДАТОК АГрафічний матеріал атестаційної роботи	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

КС – комп'ютерна система

ЛБД – логічний блок даних

МОЗ – мінімальна одиниця зберігання

ПК – персональний комп'ютер

СЗД – система зберігання даних

СУБД – система управління базами даних

ФБД – фізичний блок даних

ЦОД – центр обробки даних

CIFS – загальна файлова система Інтернету (англ., Common Internet File System System)

DAS – прямо підключене сховище (англ., Direct Attached Storage)

DAFS – прямий доступ до файлової системи (англ., Direct Access File System)

IOPS – число операцій введення-виведення (англ., Input/Output Per Second)

NAS – мережеве сховище (англ., Network Attach Storage)

NFS – мережева файлова система (англ., Network File System)

RAID – надлишковий масив незалежних дисків (англ., Redundant Array of Independent Disks)

SAN – мережа зберігання даних (англ., Storage Area Network)

SCSI – малий інтерфейс комп'ютерної системи (англ., Small Computer System Interface)

ВСТУП

Зараз триває ера інформаційних технологій. Світ наповнений електронними приладами. Кількість інформації зростає геометричними темпами. Є гостра необхідність у надійному зберіганні великої кількості інформації та її обробці.

Системи зберігання даних призначені для безпечного і відмовостійкого зберігання оброблюваних даних з можливостями швидкого відновлення доступу до даних у разі збою в роботі системи.

Саме інформація є рушійною силою сучасного бізнесу і зараз вважається найбільш цінним стратегічним активом будь-якого підприємства. Обсяг інформації зростає в геометричній прогресії разом із зростанням глобальних мереж і розвитком електронної комерції. Для досягнення успіху в інформаційній війні необхідно володіти ефективною стратегією зберігання, захисту, спільного доступу і управління найважливішим цифровим майном – даними – як сьогодні, так і в найближчому майбутньому.

Необхідність в зберіганні даних можна зустріти на рівні окремого підприємства, корпорації, державних структур. Практично всі організації потребують формування розвиненої інфраструктури зберігання даних. Існуючі технології типу дублікації, віддзеркалення, віртуалізації, ієрархічного зберігання і т.д. сприяють забезпеченню гарантованого зберігання.

Об'єм оперативної пам'яті сучасного комп'ютера виріс в десять тисяч разів, місткість жорсткого диска збільшилася більш ніж в сто тисяч разів в порівнянні з першим персональним комп'ютером. Однак, зростання обсягу пам'яті в даний час наближається до фізичної межі, при якому мінімальна одиниця зберігання обмежена розміром атома. Тому зростання обсягів для зберігання даних в останні роки вирішується технологіями паралелізму – проектуванням систем зберігання даних мережевого типу.

Завдання зберігання не зводиться тільки до виділення СЗД необхідного обсягу для розміщення даних. Актуальною стає задача раціонального витрачання матеріальних ресурсів СЗД, зокрема ємнісних. Безліч чинників, неефективність витрат на зберігання даних та інші вимагають нових моделей керування ресурсами СЗД. При цьому необхідно враховувати наступні обставини:

- різномірність СЗД;
- наявність різних вимог до зберігання даних;
- відсутність єдиних алгоритмів організації зберігання даних з різними вимогами до зберігання;
- здійснення паралельного виконання основної функції СЗД та функції, що забезпечує відновлення даних без зупинки бізнес-процесів, що виконуються;
- збільшення вартості зберігання одиниці даних в зв'язку з модернізацією та утилізацією СЗД.

Наявність такої кількості глобальних проблем при проектуванні СЗД з заданими властивостями пояснюється, в тому числі, відсутністю єдиної моделі організації фізичного зберігання даних.

З огляду на зазначені проблеми при організації зберігання даних, основною науковою задачею є розробка нових моделей і алгоритмів керування ресурсами систем зберігання даних, що визначає актуальність даної роботи.

З питань моделювання систем зберігання даних опубліковано мало робіт. Це пояснюється специфікою галузі дослідження. Технології, розроблені корпораціями, для зберігання даних і які впровадженні у ІТ-сферу не є відкритими з точки зору реалізації.

Проте доступні регулярні огляди про тренди в області зберігання даних.

1 СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ

1.1 Системи зберігання даних

Системи зберігання даних – це спеціалізовані пристрої, що забезпечують високодоступне швидкісне, надійне і розширюване сховище даних.

Також це комплекс апаратно-програмних засобів, який забезпечує зберігання і доступ до потрібної інформації. У найпростішому окремому випадку в якості СЗД користувачеві може служити комп'ютер зі встановленим всередині нього жорстким диском (апаратна складова) і знаходиться під керуванням будь-якої операційної системи (програмна частина).

Такий спосіб зберігання даних може підійти для домашнього застосування, однак абсолютно неприйнятний в умовах, наприклад, середнього офісу, мережі роздрібною торгівлі, великої корпорації, оскільки СЗД забезпечує:

- захищений високошвидкісний множинний доступ, наприклад, співробітників і клієнтів до єдиної бази;
- відмовостійкість обладнання в результаті його фізичного зносу, перегріву або перегорання;
- прийнятну масштабованість всієї системи.

Рішення перерахованих проблем представлені в таких реалізаціях СЗД, як DAS, NAS і SAN. Як правило, такі системи включають в себе не просто окремі HDD, а цілі дискові масиви, виділені канали зв'язку, серверні програмні компоненти і протоколи.

Існують такі відомі бренди СЗД: Synology, QNAP DELL, Fujitsu.

Зростання числа додатків інтенсивно використовують великі обсяги даних, вимагає все більше нових і нових гігабайт пам'яті. Зберігання,

високошвидкісне читання, оперативна обробка транзакцій і мультимедіа програми змушують майже щорічно збільшувати дискову ємність забезпечивши надійність зберігання.

СЗД – це комплексне програмно-апаратне рішення по організації надійного зберігання інформаційних ресурсів та надання гарантованого доступу до них. СЗД можуть бути як частиною, так і основою Центру Обробки Даних (ЦОД).

Завдання, які вирішують СЗД:

- децентралізація інформації – якщо раніше всі дані могли зберігатися буквально на одному жорсткому диску, то зараз будь-яка функціональна система вимагає окремого сховища – наприклад, серверів електронної пошти, СУБД, домену і так далі; ситуація ускладнюється у разі розподілених офісів (філій);

- різке зростання інформації – найчастіше кількість жорстких дисків, які можна встановити в конкретний сервер, не може покрити необхідну системі ємність, як наслідок: неможливість повноцінно захистити збережені дані; недостатня швидкість обробки інформації; складність резервного копіювання; архівування на місцях часто недоцільно з фінансових міркувань;

- складно або неможливо передбачити необхідний обсяг дискового простору при розгортанні комп'ютерної системи, як наслідок: виникають проблеми розширення дискових ємностей – досить складно отримати в сервері ємності порядків терабайт, особливо якщо система вже працює на існуючих дисках невеликої ємності; неефективна утилізація ресурсів; у сервері електронної пошти може бути вільний критично малий обсяг дискового простору, в той час як інший підрозділ буде використовувати всього лише 20% обсягу недешевої дискової підсистеми (наприклад, SCSI);

- низька ступінь конфіденційності розподілених даних – неможливо проконтролювати і обмежити доступ відповідно до політики безпеки підприємства;

- складність керування розподіленими потоками інформації – будь-які

дії, які спрямовані на зміни даних в кожній філії, що містить частину розподілених даних, створює певні проблеми, починаючи від складності синхронізації різних баз даних, версій файлів розробників і закінчуючи непотрібним дублюванням інформації;

- низький економічний ефект впровадження «класичних» рішень – у міру зростання інформаційної мережі, великих обсягів даних і все більш розподіленої структури підприємства фінансові вкладення виявляються не настільки ефективні і часто не можуть вирішити проблем, що виникають;

- високі витрати ресурсів, що використовуються для підтримки працездатності всієї інформаційної системи підприємства – починаючи від необхідності утримувати великий штат кваліфікованого персоналу і закінчуючи численними недешевими апаратними рішеннями, які покликані вирішити проблему обсягів і швидкостей доступу до інформації укупі з надійністю зберігання і захистом від збоїв.

Основні апаратні параметри СЗД:

- тип зовнішніх інтерфейсів підключення;
- типи внутрішніх накопичувачів (жорстких дисків);
- надійність, яка оцінюється не лише часом на напрацювання на відмову окремих компонентів, а й внутрішньою архітектурою.

«Звичайна» система зберігання зазвичай складається з жорстких дисків, зовнішніх інтерфейсів для підключення хостів, декількох блоків харчування.

Усередині зазвичай встановлено все те, що забезпечує роботу системи зберігання: процесорні блоки, контролери дисків, портів введення-виведення, кеш-пам'ять і так далі.

Зазвичай СЗД призначені для підключення до декількох (аж до сотень, в теорії) серверів – тому така система повинна володіти високою продуктивністю, гнучкою системою управління і моніторингу, продуманими засобами захисту даних.

Захист даних забезпечується багатьма способами, найпростіший з яких – об'єднання дисків в RAID. Однак дані повинні бути ще й постійно доступні.

Програмне забезпеченні СЗД: web-інтерфейс, консоль, можливість писати скрипти і вбудовувати керування в зовнішні програмні пакети.

Популярне рішення: програмне забезпечення для створення миттєвих і повних копій даних.

Клон (clone) робиться засобами дискової стійки усередині самої стійки – це повна внутрішня копія даних.

Сфера застосування досить широка – від бекапа (backup) до створення «тестової версії» вихідних даних, наприклад, для ризикованих модернізацій, в яких немає впевненості і застосовувати які на актуальних даних небезпечно.

Більш цікава функціональність забезпечується механізмом снапшотів (snapshot). По суті снапшот – миттєвий «знімок» даних, який не займає часу і процесорних ресурсів СЗД.

Також існує програмне забезпечення для реплікації (replication) даних, яке часто називають дзеркаленням (mirroring). Це механізм синхронного або асинхронного репліціювання (дублювання) інформації з однієї системи зберігання на одну або кілька віддалених систем зберігання. Таке рішення забезпечує надійність зберігання інформації і захист від катастроф.

До пристроїв зберігання даних можна віднести будь-які пристрої для запису даних: т.зв. «флешки», компакт-диски (CD, DVD, ZIP), жорсткі диски (Hard disk) та ін.

Жорсткі диски використовуються не тільки всередині комп'ютерів, але і як зовнішні USB-пристрої запису інформації.

Характеристики жорстких дисків:

- ємність – вимірюється в гігабайтах або терабайт;
- швидкість обертання (для HDD);
- середній час доступу;
- швидкість передачі даних;
- IOPS (Input/Output Per Second).

Зовнішній флеш-накопичувач, також відомий як флешка, – це знімне облаштування зберігання даних, що підключається через порт USB. У зовнішньому флеш-накопичувачі використовується той же тип енергонезалежних інтегральних схем, що й в SSD. Йому не треба електроживлення для зберігання даних. Операційна система дістає доступ до цих пристроїв зберігання так само як і до інших.

Незаперечна перевага флеш-технологій полягає в тому, що вони дозволяють реалізувати в СЗД функціональність, неможливу при використанні традиційних дисків.

На ринку з'явилися системи з дедуплікацією даних «на льоту», розвиваються нові ефективні схеми захисту даних замість класичного RAID [10].

Останнім часом все більшої популярності набирають т.зв. «твердотільні» системи зберігання SSD, які за принципом дії схожі з «флешкою» для фотоапарата або смартфона, тільки мають контролер і більший обсяг даних, що зберігаються. На відміну від жорсткого диска, SSD-диск не має механічно рухомих частин.

Все це – споживчі пристрої, а серед промислових систем слід виділити, перш за все, апаратні системи зберігання: масиви жорстких дисків, т.зв. RAID-контролери для них, стрічкові системи зберігання для довготривалого зберігання даних. Крім того, окремий клас: контролери для систем зберігання, для керування резервуванням даних, створення «миттєвих знімків» (Snapshot) в системі зберігання для подальшого їх відновлення, реплікації даних і т.д.). В системи зберігання даних також входять мережеві пристрої (HBA, комутатори Fiber Channel Switch, кабелі FC/SAS та ін.). І, нарешті, розроблені масштабні рішення по зберіганню даних, архівації, відновлення даних та стійкості до катастроф (disaster recovery).

Джерелом даних, які зберігаються, зазвичай є прикладні програми, електронні пошти, сенсори, камери, а також різного устаткування – файлових серверів, і серверів баз даних.

За частотою використання збережених даних, СЗД можна поділити на системи короткострокового зберігання (online storage), зберігання середньої тривалості (near-line storage) і системи довгострокового зберігання (offline storage).

До перших можна віднести жорсткий диск (або SSD) будь-якого персонального комп'ютера. До других і третіх – зовнішні системи зберігання DAS, які можуть являти собою масив зовнішніх, по відношенню до комп'ютера, дисків.

Їх, в свою чергу також можна поділити на «просто масив дисків» JBOD (Just a Bunch Of Disks) і масив з керуючим контролером iDAS (intelligent disk array storage).

Зовнішні системи зберігання бувають трьох типів DAS, SAN і NAS.

Основні протоколи підключення СЗД:

- протокол SCSI (Small Computer System Interface) – розроблений для підключення зовнішніх пристроїв до міні міні-комп'ютерів; його версія SCSI-3 є основою для всіх протоколів зв'язку систем зберігання даних і використовує загальну систему команд SCSI; його основні переваги: незалежність від сервера, що використовується, можливість паралельної роботи декількох пристроїв, висока швидкість передачі даних; недоліки: обмеженість числа підключених пристроїв, дальність з'єднання сильно обмежена;

- протокол FC (Fiber Channel) – внутрішній протокол між сервером і спільно використовуваної СЗД, контролером, дисками; це протокол, що широко використовується, послідовного зв'язку, що працює на швидкостях 4 або 8 гігабіт в секунду (Gbps); він, як випливає з його назви, працює через оптоволокло (fiber), але також працює і по міді. Fiber Channel – основний протокол для систем зберігання FC SAN;

- протокол iSCSI (Internet Small Computer System Interface) – стандартний протокол для передачі блоків даних поверх широко відомого протоколу TCP/IP тобто «SCSI over IP»; iSCSI може розглядатися як

високошвидкісне недороге рішення для систем зберігання, що підключаються віддалено, через Інтернет; iSCSI інкапсулює команди SCSI в пакети TCP/IP для передачі їх по IP-мережі;

- протокол SAS (Serial Attached SCSI) – використовує послідовну передачу даних і сумісний з жорсткими дисками SATA; на даний момент SAS може передавати дані зі швидкістю 3Gpbs або 6Gpbs, і підтримує режим повного дуплексу, тобто може передавати дані в обидві сторони з однаковою швидкістю.

Існують такі типи систем зберігання:

- Direct Attached Storage – системи зберігання даних з прямим підключенням; при використанні DAS сервер має персональний зв'язок з СЗД та майже завжди є одноосібним користувачем пристрою; при цьому сервер отримує блоковий доступ до системи зберігання даних, тобто звертається безпосередньо до блоків даних.

- Network Attached Storage – мережеві системи зберігання даних, також відомі як файлові сервери, надають свої мережеві ресурси клієнтам по мережі у вигляді спільно використовуваних файлів; клієнти використовують протоколи мережевого доступу до файлів, такі як SMB (раніше відомий як CIFS) або NFS.

- Storage Area Network – мережа зберігання даних, яка надає клієнтам блочний доступ до даних по мережі; пристрої в SAN не належать до одного сервера, можуть використовуватися всіма клієнтами мережі зберігання; можливий поділ дискового простору на логічні томи, які виділяються окремим хост-серверам; ці томи не залежать від компонентів SAN і їх розміщення; клієнти звертаються до сховища даних з використанням блочного типу доступу, як і при DAS підключенні, але, так як SAN використовує мережу, пристрої зберігання даних можуть розташовуватися далеко від клієнтів.

Універсальні системи зберігання даних (UnifiedStorage) поєднують в собі технології NAS і SAN в єдиному інтегрованому рішенні; ці універсальні

сховища дозволяють використовувати як блоковий, так і файловий тип доступу до загальних ресурсів, крім того, керування такими пристроями простіше завдяки ПО, що забезпечує централізоване керування.

Для роботи в режимі постійного доступу найбільшого поширення набули дискові системи зберігання.

Системи прямого підключення використовуються в класичних схемах, коли кожен сервер має групу внутрішніх або зовнішніх дисків, які, як правило, підключаються по інтерфейсу SCSI.

Системи мережевого підключення застосовуються в разі спільного використання даних файлового типу багатьма користувачами. Мають зовнішній інтерфейс Ethernet і внутрішній або підключається дисковий масив.

SAN системи підключення по мережах зберігання даних використовують у великих інформаційних системах при необхідності забезпечення високої продуктивності, доступності і масштабованості дискових систем. Як правило, такі системи функціонують в спеціально створених мережах зберігання даних.

Мережі зберігання даних (SAN) – високопродуктивні відмовостійкі мережі на основі оптичного волокна і, як правило, протоколу Fibre Channel. Призначені для передачі великої кількості даних між пристроями доступу і зберігання.

Шлюзи – пристрої, що підключаються до мережі загального користування Ethernet і мають також порт для підключення до мережі зберігання даних.

Стрічкові системи використовуються для архівування і резервного копіювання даних. Розрізняють пристрої, що працюють з однією стрічкою (стрімери), пристрої, оснащені механізмом зміни стрічок (автолоадери) і пристрої з автоматизованою подачею стрічок і/або переміщуються головками (бібліотеки).

1.2 Аналіз існуючих КС для зберігання даних

За областю застосування СЗД діляться на індивідуальні, для малих робочих груп, для робочих груп, для підприємств, корпоративні.

За типом підключення СЗД поділяються на кілька типів:

- системи прямого підключення (DAS);
- системи мережевого підключення (NAS);
- системи підключення по мережах зберігання даних (SAN).

Виділяють також шлюзи – SAN Gateway.

DAS – особливістю даного типу систем є те, що контроль за доступом до даних для пристроїв, підключених до мережі, здійснюється сервером або робочою станцією, до якої підключено сховище.

NAS – в даному типі систем доступ до інформації, розміщеної в сховище, контролюється програмним забезпеченням, яке працює в самому сховищі.

SAN – представляють собою мережу між серверами, які обробляють дані і, власне, СЗД);

При такому способі побудови системи зберігання даних контроль за доступом до інформації здійснюється програмним забезпеченням, що працює на серверах СЗД. Через комутатори SAN проводиться підключення сховища до серверів по високопродуктивним протоколам доступу (Fibre channel, iSCSI, ATA over ethernet, і т.п.)

За типом реалізації СЗД діляться на апаратні і програмні.

Апаратна реалізація СЗД являє собою єдиний апаратний комплекс, що складається з пристрою зберігання (що представляє собою диск або масив дисків, на яких дані фізично зберігаються), і пристрої управління (контролер, що займається розподілом даних між елементами сховища).

Програмна реалізація СЗД являє собою розподілену систему, в якій дані зберігаються без прив'язки до якогось конкретного сховища або сервера,

і доступ до даних здійснюється за допомогою спеціалізованого ПЗ, яке відповідає за збереження і безпеку збережених даних).

RAID (Redundant Array of Independent Disks – надлишковий масив незалежних дисків) – технологія віртуалізації даних для об'єднання декількох фізичних дискових пристроїв в логічний модуль для підвищення відмовостійкості і продуктивності.

Надмірність означає те, що всі байти даних при записі на один диск дублюються на іншому диску, і можуть бути використані в тому випадку, якщо перший диск відмовить. Крім того, ця технологія допомагає збільшити IOPS.

Це спосіб зберігання одних і тих же даних у різних місцях на декількох встановлених жорстких або твердотільних накопичувачах. Використовується дана технологія переважно для захисту даних у випадку відмови одного з дисків і розширення загального простору пам'яті. Принцип роботи RAID полягає в тому, що технологія дозволяє розмішувати дані, наприклад, одного застосунку одразу на декількох дисках. А операції введення і виведення обробляються спільними зусиллями так, що підвищується сумарна продуктивність.

Основні поняття RAID – striping (т. зв. поділ) і mirroring (т. зв. «віддзеркалення», або дублювання) даних. Їх поєднання визначають різні види RAID-масивів жорстких дисків.

RAID – це можливість зберігати дані на системі з декількох жорстких дисків. Для операційної системи RAID є одним логічним диском. Наведені нижче терміни описують, як RAID зберігає дані на різних дисках:

- парність – виявлення помилок даних;
- чергування даних – запис даних на декількох дисках;
- віддзеркалення – зберігання копій даних на другому диску.

Технологія RAID 0 також відома як розподіл даних (англ. data striping). Із застосуванням цієї технології інформація розбивається на шматки (фіксовані обсяги даних, зазвичай називаються блоками) (рисунок 1.1).

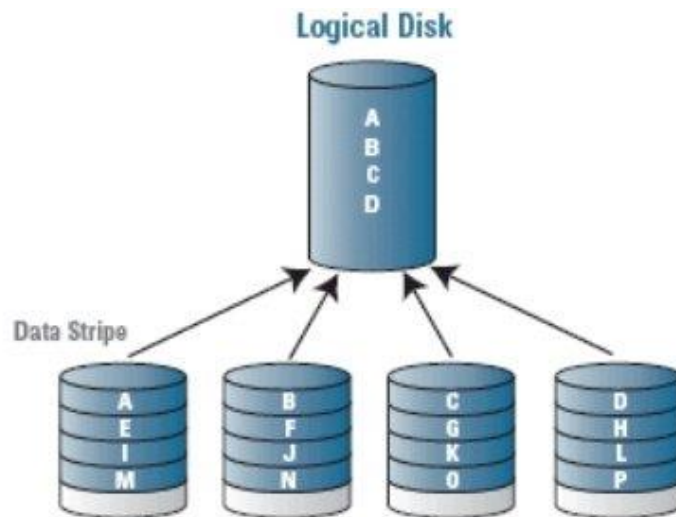


Рисунок 1.1 – Принцип виконання RAID 0

Технологія RAID 1 також відома як віддзеркалення диску (disk mirroring). В цьому випадку, копії кожного шматка інформації зберігаються на окремому диску; або кожен (використовуваний) диск має «двійника», який зберігає точну копію цього диска (рисунок 1.2).

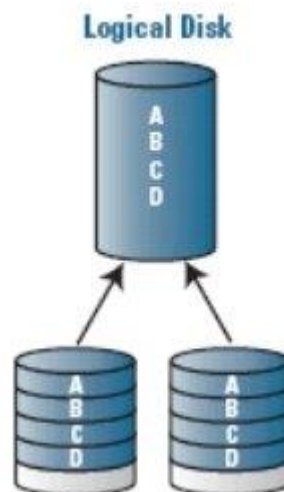


Рисунок 1.2 – Принцип виконання RAID 1

XOR – логічна функція виключає АБО (eXclusive OR). За допомогою неї обчислюється значення паритету для блоків даних A, B, C, D ..., який записується на окремий диск (рисунок 1.3).

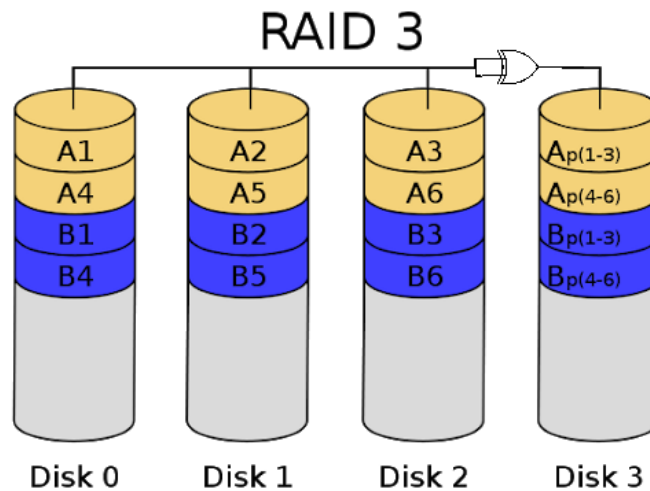


Рисунок 1.3 – Принцип виконання RAID 3

Система зберігання даних NAS – Це програмно-апаратна система що відповідає за надійне зберігання і управління даними. Це окрема підсистема, основною метою роботи якої є зберігання даних з належним рівнем надійності. Уже з назви, ясно що основна мета подібних систем забезпечувати безкомпромісне зберігання виключаючи при цьому втрату даних і зберігаючи при цьому максимальну доступність і високу швидкість доступу.

Відмовостійкість мережевого сховища, як і будь-яких інших систем забезпечується в результаті резервування компонентів системи. Резервування, це єдина техніка збереження як даних так і працездатності системи в цілому і забезпечує потенціал для зростання обсягу збережених даних.

Надійні системи, характеризуються кількома рівнями резервування, серед основних з них можна виділити апаратне і програмне резервування основних підсистем.

Компоненти системи мережевого сховища.

Дискова підсистема – масив з декількох високопродуктивних дисків класичного виконання (HDD) або флеш накопичувачі (SSD), об'єднані в групи.

Контролери дискової підсистеми – це мозок системи зберігання, зі своєю індивідуальною операційною системою, обчислювальним процесором, підсистемою введення-виведення і керування дисками, тобто дисковою підсистемою. Саме контролер надає інтерфейс керування всім процесом запису/читання, розподілу простору, розбиття і контролю дискового простору.

Підсистема живлення – забезпечує харчуванням систему і відповідає за резервування.

Повноцінне резервування мережевого сховища на апаратному рівні виглядає як система з двома і більше контролерами жорстких дисків, кожен з яких готовий взяти на себе функції основного, у разі виходу з ладу одного з контролерів. Два і більше блоку живлення, що гарантують відмовостійкість і надійність підсистеми живлення шасі. Дискова підсистема, розбиті на групи диски формують дисковий масив, з дублюванням даних і резервуванням дисків, в тому числі на апаратному рівні, так звані spare диски які призначені, взяти на себе навантаження того диску що вийшов з ладу.

Концепція збереження даних: способами реалізації концепції зберігання даних є мережі пристроїв масової пам'яті SAN (Storage Area Networks) які будуються на базі технології FiberChannel з блоковим доступом і NAS (Network Area Storage) IP рішення в яких може бути використані цілий ряд протоколів найбільш широко застосовуються зараз для доступу (iSCSI, NFS, CIFS, FTP), так звані конвергентні системи, що дозволяють одночасно забезпечувати кілька протоколів доступу до даних.

Системи зберігання початкового рівня – це відмовостійка система з одним або двома контролерами жорстких дисків, резервування даних забезпечується на рівні груп дисків дискової підсистеми, резервування мережевої інфраструктури забезпечує відмовостійкий доступ до даних. Резервні блоки живлення системи запобігають вихід з ладу з причин живлення.

Системи зберігання корпоративного класу та рішення для центрів обробки даних (ЦОД) являють собою набір відмовостійких і зарезервованих систем, з розподіленою інфраструктурою, і механізмами синхронної реплікації, для забезпечення максимальної надійності та доступності даних компанії.

Системи зберігання даних є модульними системами здатними до легкого масштабування, і набуваючи спочатку невелику систему в якій закладений потенціал для зростання і розширення продуктивності, замовник з легкістю може наростити потужність системи зберігання, і обсяг дискового простору, підключивши додаткові дискові шасі зберігання або замінивши класичні HDD на більш продуктивні SSD диски, які дозволяють істотно наростити продуктивність системи.

Сучасні мережеві сховища даних, і схеми резервування є невід'ємною частиною інфраструктури при побудові центрів обробки даних і дозволяють реалізовувати рішення територіально розподілені системи зберігання із забезпеченням синхронної реплікації (синхронізації збережених даних) на далеких відстанях до 260 кілометрів.

У портфелі компанії є рішення що дозволяють повноцінно реалізувати розподілені системи зберігання.

Дані системи максимально оптимізовані для роботи з віртуалізованими серверними системами під управлінням VMware, Microsoft Hyper-V рішеннями.

Ми маємо багатий досвід щодо інтеграції рішень зберігання даних і готові забезпечити інтеграцію системи зберігання в вашу інфраструктуру, або призвести міграцію існуючої серверної системи зберігання на мережеву систему зберігання даних з прив'язкою до систем віртуалізації апаратної платформи.

Відома компанія NetApp, наприклад, пропонує оптимальні рішення для бізнесу у сфері надійного зберігання інформації.

1.3 Програмне забезпечення і технології систем зберігання

Програмне забезпечення для систем зберігання можна поділити на такі категорії:

Керування та адміністрування (Management): керування і завдання параметрів інфраструктури: вентиляції, охолодження, режими роботи дисків та ін., управління по часу доби та ін.

Захист даних: Snapshot («миттєвий знімок» стану диска), копіювання вмісту LUN, множинне дублювання (split mirror), віддалене дублювання даних (Remote Replication), безперервний захист даних CDP (Continuous Data Protection) та ін.

Підвищення надійності: різне ПО для множинного копіювання і резервування маршрутів передачі даних всередині ЦОД і між ними.

Підвищення ефективності: технологія тонкого резервування (Thin Provisioning), автоматичний розподіл системи зберігання на рівні (tiered storage), усунення повторень даних (deduplication), управління якістю сервісу, попередній витяг з кеш-пам'яті (cache prefetch), поділ даних (partitioning), автоматична міграція даних, зниження швидкості обертання диска (disk spin down).

Використання thin provisioning дозволяє вирішити проблему неефективного розподілу простору в SAN, заощадити місце, полегшити адміністративні процедури розподілу простору додатків на сховище, і використовувати так званий oversubscribing, тобто виділити додатків місця більше, ніж ми маємо в своєму розпорядженні фізично, в розрахунку на те, що програми не зажадають одночасно весь простір. У міру ж виникнення в ньому потреби пізніше можливо збільшити фізичну ємність сховища.

Поділ системи зберігання на рівні (tiered storage) передбачає, що різні дані зберігаються в пристроях зберігання, швидкодія яких відповідає частоті обертання до цих даних. Наприклад, часто використовувані дані можна

розміщувати в «online storage» на дисках SSD з високою швидкістю доступу, високою продуктивністю.

Дедуплікація (усунення повторень) даних (Deduplication, DEDUP) усуває повтори даних на просторі диска, який зазвичай використовується в частині резервування даних. Хоча система нездатна визначити, яка інформація надлишкова, вона може визначити наявність повторів даних. За рахунок цього стає можливим значно скоротити вимоги до ємності системи резервування.

Дедуплікація – метод стиснення масиву даних, який використовує в якості алгоритму стиснення виключення дублюючих копій повторюваних даних. Даний метод зазвичай використовується для оптимізації використання дискового простору СЗД, проте може застосовуватися і при мережевому обміні даних для скорочення обсягу інформації, що передається.

При виявленні дублюючого елемента, він замінюється посиланням на унікальне входження (або на нього перенаправляється вже існуюча посилання), а простір, який займає дублікант, вивільняється. Таких повторюваних елементів може бути дуже багато, завдяки чому обсяг, необхідний для збереження масиву даних, може бути помітно скорочений.

Зниження швидкості обертання диска (Disk spin-down) – те, що зазвичай називають «глибоким сном» (засипанням) диска. Дані на якомусь диску можуть не використовуватися довгий час, в цьому випадку технологія зниження швидкості диска переводить їх в режим гібернації, щоб знизити споживання енергії на марне обертання диска на звичайній швидкості. При цьому також підвищується термін служби диска, і збільшується надійність системи в цілому. При надходженні першого запиту до даних на цьому диску, він «прокидається», швидкість його обертання збільшується. Платою за економію енергії і підвищення надійності є деяка затримка при першому зверненні до даних на диску, але ця плата цілком виправдана.

Snapshot («Миттєвий знімок» стану диска) – це повністю придатна до використання копія певного набору даних на диску на момент знімання цієї

копії (тому вона і називається «миттєвим знімком»). Така копія використовується для часткового відновлення стану системи на момент копіювання. При цьому безперервність роботи системи абсолютно не зачіпається, і швидкодія не погіршується.

Дистанційна реплікація даних (Remote Replication) працює з використанням технології зазеркалення. Може підтримувати кілька копій даних на двох або більше сайтах для запобігання втрати даних у разі стихійних лих.

Безперервний захист даних CDP (Continuous data protection) також відомий як continuous backup або real-time backup, являє собою створення резервної копії автоматично при кожній зміні даних. При цьому стає можливим відновлення даних при будь-яких аваріях в будь-який момент часу, причому при цьому доступні актуальні копії даних, а не тих, що були кілька хвилин або годин тому.

До програми керування та адміністрування (Management Software) входить різноманітне програмне забезпечення з керування та адміністрування різних пристроїв: просто програми конфігурації (configuration wizards), програми централізованого моніторингу: відображення топології, моніторинг в реальному часі механізми формування звітів про збої.

Відновлення при стихійних лихах (DR, Disaster Recovery) – досить важлива складова серйозних промислових СЗД, хоча і досить витратна. Технологія Disaster Recovery передбачає, що центр резервування, який використовується для відновлення даних при стихійних лихах, розташовується на значній відстані від місця основного ЦОД, і взаємодіє з ним по мережі передачі даних, накладеної на транспортну мережу, найчастіше оптичну. Використовувати при такому розташуванні основного і резервного ЦОД, наприклад, технологію CDP буде просто неможливо технічно.

Технології, які також використовуються в СЗД:

- FlexClone;

- MetroCluster;
- SnapRestore;
- RAID-DP;
- Virtual Storage Tiering;
- Storage Virtual Machines.

Технологія FlexClone виникла для швидкого створення віртуальних реплікації даних. Вона дозволяє створювати тонкі клони на основі снєпшотів NetApp, які не впливають на продуктивність системи. Клони можна знімати багато і часто. Технологія FlexClone дозволяє не тільки більш оптимально використовувати ресурси СЗД як в плані продуктивності, так і в плані простору, а й істотно прискорити бізнес-процеси компаній.

MetroCluster – це технологія побудови розподілених, кластеризованих систем зберігання даних, яка дозволяє будувати катастрофостійкі рішення по зберіганню великих обсягів інформації і характеризується простотою в експлуатації.

Кожен контролер в кластері має два набори дисків, що підключаються. Перший, власний набір і синхронну копію. Також кожен з дисків підключається до контролерів (локального і віддаленого), що забезпечує хороший рівень доступу. На випадок надзвичайних обставин, контролеру надається доступ до віддалених, а також локальних даних, і можливість переносити інформацію і налаштування.

MetroCluster – це технологія побудови розподілених, кластеризованих систем зберігання даних, яка дозволяє будувати катастрофостійкі рішення по зберіганню великих обсягів інформації і характеризується простотою в SnapRestore дозволяє за дуже малий час відновити тот з величезною кількістю файлів, в той час як звичайне копіювання зайняло б багато часу. Крім того, за допомогою SnapRestore можна повернути до старої версії весь том цілком.

RAID-DP – це усунення подвійних збоїв сховищ за допомогою використання RAID 6 (з подвійною перевіркою парності). За допомогою

RAID-DP можна отримати хороший рівень інформаційного захисту, а також ініціювати включення завдань, які можуть вимагати багато виділених ресурсів. До переваг RAID-DP можна віднести безпеку експлуатації дешевих дискових накопичувачів в бізнес-системах.

Virtual Storage Tiering – рішення віртуального зберігання даних на основі рівнів. Воно автоматично каталогізує апаратні сховища, ґрунтуючись на інформації про частоту запису і зчитування блоків даних на дисках.

Цей підхід в разі збільшує швидкість кешування, якщо порівнювати з іншими технологіями, які зазвичай змінюють положення великих блоків даних між різними рівнями зберігання. Особливістю цієї технології є розбивання даних на блоки, розміром в 4 Кбайт. У разі частих переміщень генерується «гаряча копія» даних в кеші пристрої.

Storage Virtual Machines – віртуалізована контейнеризація, що використовується в системі ONTAP, яка дозволяє безпечно ізолювати дані в середовищах з великою кількістю користувачів.

Віртуальна машина грає роль окремої системи зберігання поза кластером, використовуючи ресурси мережі та сховища. Паралельно Storage Virtual Machine робить доступ до даних простіше, а сам кластер може вміщати як одну, так і пару Storage Virtual Machine, що використовують FlexVol і Infinite томи [11].

2 КЕРУВАННЯ РЕСУРСАМИ СЗД

2.1 Керування ресурсами

Керування ресурсами зберігання даних стало однією із найбільш наболілих стратегічних проблем, що стоять перед співробітниками відділів інформаційних технологій. Внаслідок розвитку Інтернету і корінних змін в процесах бізнесу інформація накопичується з небаченою швидкістю. Крім нагальної проблеми забезпечення можливості постійного збільшення обсягу інформації, що зберігається, не менше гостро на порядку денному стоїть і проблема забезпечення надійності зберігання даних і постійного доступу до інформації. Для багатьох компаній формула доступу до даних «24 години на добу, 7 днів на тиждень, 365 днів в році» стала нормою життя.

У разі окремого ПК під системою зберігання даних (СЗД) можна розуміти окремий внутрішній жорсткий диск або систему дисків. Якщо ж мова заходить про корпоративну СЗД, то традиційно можна виділити три технології організації зберігання даних: Direct Attached Storage, Network Attach Storage і Storage Area Network.

2.2 DAS

DAS має на увазі пряме (безпосереднє) підключення накопичувачів до сервера або до ПК. При цьому накопичувачі можуть бути як внутрішніми, так і зовнішніми. Найпростіший випадок DAS-системи – це один диск всередині сервера або ПК. Крім того, до DAS-системи можна віднести і організацію внутрішнього RAID-масиву дисків з використанням RAID-контролера.

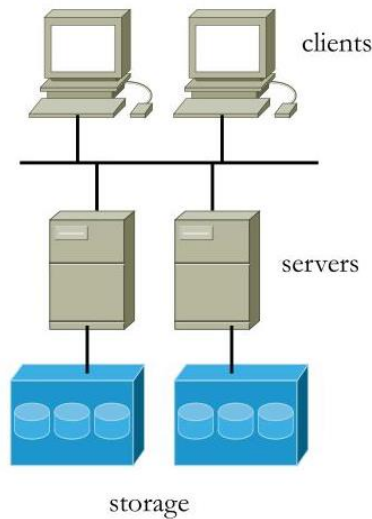


Рисунок 2.1 – Технологія DAS

Варто відзначити, що, незважаючи на формальну можливість використання терміна DAS-системи по відношенню до одиночного диску або до внутрішнього масиву дисків, під DAS-системою прийнято розуміти зовнішню стійку або кошик з дисками, яку можна розглядати як автономну СЗД. Крім незалежного живлення, такі автономні DAS-системи мають спеціалізований контролер (процесор) для управління масивом накопичувачів. Наприклад, в якості такого контролера може виступати RAID-контролер з можливістю організації RAID-масивів різних рівнів.

Слід зазначити, що автономні DAS-системи можуть мати кілька зовнішніх каналів введення-виведення, що забезпечує можливість підключення до DAS-системи декількох комп'ютерів одночасно.

В якості інтерфейсів для підключення накопичувачів (внутрішніх або зовнішніх) в технології DAS можуть виступати інтерфейси SCSI, SATA, PATA і Fibre Channel.

Якщо інтерфейси SCSI, SATA і PATA використовуються переважно для підключення внутрішніх накопичувачів, то інтерфейс Fibre Channel застосовується виключно для підключення зовнішніх накопичувачів і автономних СЗД.

Перевага інтерфейсу Fibre Channel полягає в даному разі в тому, що він

не має жорсткого обмеження по довжині і може використовуватися в тому випадку, коли сервер або ПК, що підключається до DAS-системі, знаходиться на значній відстані від неї. Інтерфейси SCSI та SATA також можуть використовуватися для підключення зовнішніх СЗД (в цьому випадку інтерфейс SATA називають eSATA), проте дані інтерфейси мають суворе обмеження по максимальній довжині кабелю, що з'єднує DAS-систему і підключається сервер.

До основних переваг DAS-систем можна віднести їх низьку вартість (в порівнянні з іншими рішеннями СЗД), простоту розгортання і адміністрування, а також високу швидкість обміну даними між системою зберігання і сервером. Власне, саме завдяки цьому вони завоювали велику популярність в сегменті малих офісів і невеликих корпоративних мереж. У той же час DAS-системи мають і свої недоліки, до яких можна віднести слабку керованість і неоптимальну утилізацію ресурсів, оскільки кожна DAS-система вимагає підключення виділеного сервера.

В даний час DAS-системи займають лідерські положення, однак частка продажів цих систем постійно зменшується. На зміну DAS-системам поступово приходять або універсальні рішення з можливістю плавної міграції з NAS-систем, або системи, що передбачають можливість їх використання як в якості DAS, так і NAS і навіть SAN-систем.

Системи DAS слід використовувати при необхідності збільшення дискового простору одного сервера і винесення його за корпус. Також DAS-системи можна рекомендувати до застосування для робочих станцій, обробних великі обсяги інформації (наприклад, для станцій нелінійного відеомонтажу).

Основні недоліки DAS:

- низька надійність – при проблемах мережі або аварії сервера дані стають недоступними всім відразу;
- висока латентність, обумовлена обробкою всіх запитів одним сервером і використовується транспортом (найчастіше – IP);

- високе завантаження мережі, часто визначає межі масштабованості шляхом додавання клієнтів;
- погана керованість – вся ємність доступна одному серверу, що знижує гнучкість розподілу даних;
- низька утилізація ресурсів – важко передбачити необхідні обсяги даних, у одних пристроїв DAS в організації може бути надлишок ємності (дисків), у інших її може не вистачати – перерозподіл часто є неможливим або трудомістким.

2.3 NAS

NAS-системи – це мережеві системи зберігання даних, що підключаються безпосередньо до мережі точно так само, як і мережевий принт-сервер, маршрутизатор або будь-який інший мережевий пристрій. Фактично NAS-системи являють собою еволюцію файл-серверів: різниця між традиційним файл-сервером і NAS-пристроєм приблизно така ж, як між апаратним мережевим маршрутизатором і програмним маршрутизатором на основі виділеного сервера.

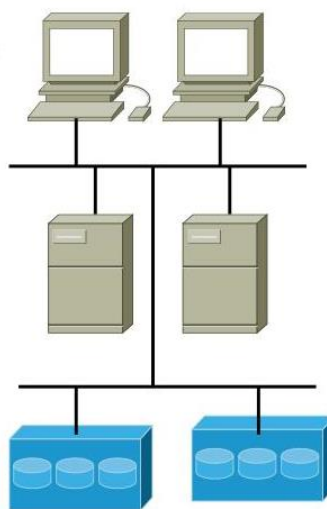


Рисунок 2.2 – Технологія NAS

СЗД за допомогою мережі NAS з'явилися з причини швидкого розвитку мереж і критичні вимоги до спільного використання великих масивів даних у межах підприємства або мережі оператора. Швидкість передачі даних: 1-10Gbps.

Традиційний файл-сервер являє собою виділений комп'ютер (сервер), на якому зберігається інформація, доступна користувачам мережі. Для зберігання інформації можуть використовуватися жорсткі диски, що встановлюються в сервер (як правило, вони встановлюються в спеціальні кошики), або до сервера можуть підключатися DAS-пристрої. Адміністрування файл-сервера виробляється з використанням серверної операційної системи.

Такий підхід до організації систем зберігання даних в даний час є найбільш популярним в сегменті невеликих локальних мереж, однак він має один істотний недолік. Справа в тому, що універсальний сервер (та ще в поєднанні з серверною операційною системою) – це аж ніяк не дешево рішення. У той же час більшість функціональних можливостей, властивих універсального сервера, в файл-сервері просто не використовується.

Ідея полягає в тому, щоб створити оптимізований файл-сервер з оптимізованою операційною системою і збалансованою конфігурацією. Саме цю концепцію і втілює в собі NAS-пристрій. У цьому сенсі NAS-пристрої можна розглядати як «тонкі» файл-сервери, або, як їх інакше називають, файлери (filers).

Крім оптимізованої ОС, звільненої від всіх функцій, не пов'язаних з обслуговуванням файлової системи і реалізацією введення-виведення даних, NAS-системи мають оптимізовану по швидкості доступу файловою системою.

NAS-системи проектуються таким способом, що вся їх обчислювальна потужність фокусується виключно на операціях обслуговування і зберігання файлів. Сама операційна система розташовується у флеш-пам'яті та встановлюється фірмою-виробником. Природно, що з виходом нової версії ОС користувач може самостійно «перепрошити» систему. Підключення

NAS-пристроїв до мережі і їх конфігурація є досить простою задачею і під силу будь-якому досвідченому користувачеві, не кажучи вже про системний адміністратора.

Таким чином, в порівнянні з традиційними файловими серверами NAS-пристрої є більш продуктивними і менш дорогими. В даний час практично всі NAS-пристрої орієнтовані на використання в мережах Ethernet (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet) на основі протоколів TCP/IP. Доступ до пристроїв NAS проводиться за допомогою спеціальних протоколів доступу до файлів. Найбільш поширеними протоколами файлового доступу є протоколи CIFS, NFS і DAFS.

CIFS (Common Internet File System System – загальна файлова система Інтернету) – це протокол, який забезпечує доступ до файлів і сервісів на віддалених комп'ютерах (в тому числі і в Інтернет) і використовує клієнт-серверну модель взаємодії. Клієнт створює запит до сервера на доступ до файлів, сервер виконує запит клієнта і повертає результат своєї роботи.

Протокол CIFS традиційно використовується в локальних мережах з ОС Windows для доступу до файлів. Для транспортування даних CIFS використовує TCP/IP-протокол. CIFS забезпечує функціональність, схожу на FTP (File Transfer Protocol), але надає клієнтам покращений контроль над файлами. Він також дозволяє розділяти доступ до файлів між клієнтами, використовуючи блокування і автоматичне відновлення зв'язку з сервером в разі збою мережі.

Протокол NFS (Network File System – мережева файлова система) традиційно застосовується на платформах UNIX і являє собою сукупність розподіленої файлової системи і мережевого протоколу. У протоколі NFS також використовується клієнт-серверна модель взаємодії. Протокол NFS забезпечує доступ до файлів на віддаленому хості (сервері) так, як якщо б вони перебували на комп'ютері користувача. Для транспортування даних NFS використовує протокол TCP/IP. Для роботи NFS в Інтернеті був розроблений протокол WebNFS.

Протокол DAFS (Direct Access File System – прямий доступ до файлової системи) – це стандартний протокол файлового доступу, який заснований на NFS. Даний протокол дозволяє прикладним завданням передавати дані в обхід операційної системи і її буферного простору безпосередньо до транспортних ресурсів. Протокол DAFS забезпечує високі швидкості файлового введення-виведення і знижує завантаження процесора завдяки значному зменшенню кількості операцій і переривань, які зазвичай необхідні при обробці мережевих протоколів.

DAFS проектувався з орієнтацією на використання в кластерному і серверному оточенні для баз даних і різноманітних Інтернет-додатків, орієнтованих на безперервну роботу. Він забезпечує найменші затримки доступу до загальних файлових ресурсів і даними, а також підтримує інтелектуальні механізми відновлення працездатності системи і даних, що робить його привабливим для використання в NAS-системах.

NAS можна придбати на ринку на 2/4 жорстких диски за 500-800 доларів США (без врахування ціни жорстких дисків).

Недоліки NAS аналогічні DAS, до них можна додати більшу вартість, з іншого боку, NAS-системи є більш гнучкими та функціональними.

Резюмуючи вищевикладене, NAS-системи можна рекомендувати для використання в мультиплатформових мережах в разі, коли потрібно мережевий доступ до файлів і досить важливими факторами є простота встановлення адміністрування системи зберігання даних. Прекрасним прикладом є застосування NAS як файл-сервера в офісі невеликої компанії.

2.4 SAN

Власне, SAN – це вже не окремий пристрій, а комплексне рішення, що представляє собою спеціалізовану мережеву інфраструктуру для зберігання даних. Мережі зберігання даних інтегруються в вигляді окремих

спеціалізованих підмереж до складу локальної (LAN) або глобальної (WAN) мережі.

FC SAN-мережі з'явилися для підключення пристроїв зберігання. Розробка їх була викликана необхідністю організації розкиданих по мережі даних. Один пристрій зберігання в SAN може бути розбитий на кілька невеликих вузлів, званих LUN (Logical Unit Number), кожен з яких належить одного сервера. Швидкість передачі даних зростає до 2-8 Gbps.

Такі СЗД могли забезпечувати технології захисту даних від втрат (snapshot, backup).

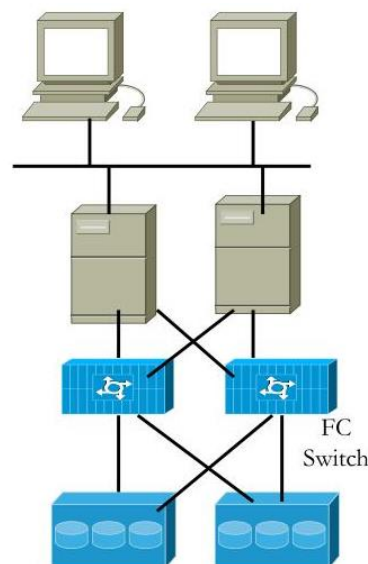


Рисунок 2.3 – FC SAN

Інший різновид SAN – IP SAN (IP Storage Area Network), розроблений на початку 2000-х рр. Системи FC SAN були дорогі, складні в керуванні, а мережі протоколу IP перебували на піку розвитку, тому і з'явився цей стандарт. СЗД підключалися до серверів за допомогою iSCSI-контролера через IP-комутатори. Швидкість передачі даних: 1 – 10 Гбіт/с.

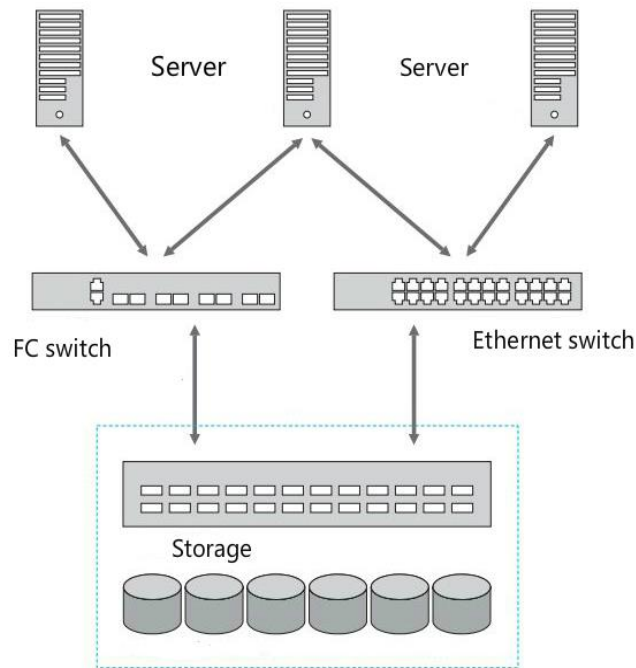


Рисунок 2.4 – IP SAN

По суті, SAN-мережі пов'язують один або кілька серверів (SAN-серверів) з одним або декількома пристроями зберігання даних. SAN-мережі дозволяють будь-якому SAN-серверу отримувати доступ до будь-якого пристрою зберігання даних, не завантажуючи при цьому ні інші сервери, ні локальну мережу. Крім того, можливий обмін даними між пристроями зберігання даних без участі серверів. Фактично SAN-мережі дозволяють дуже великому числу користувачів зберігати інформацію в одному місці (з швидким централізованим доступом) і спільно використовувати її. Як пристрої зберігання даних можуть використовуватися RAID-масиви, різні бібліотеки (стрічкові, магнітооптичні і ін.), а також JBOD-системи (масиви дисків, не об'єднані в RAID).

Мережі зберігання даних почали інтенсивно розвиватися і впроваджуватися лише з 1999 року.

Подібно до того як локальні мережі в принципі можуть будуватися на основі різних технологій і стандартів, для побудови мереж SAN також можуть застосовуватися різні технології. Але точно так само, як стандарт

Ethernet (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet) став стандартом де-факто для локальних мереж, в мережах зберігання даних домінує стандарт Fibre Channel (FC). Власне, саме розвиток стандарту Fibre Channel призвело до розвитку самої концепції SAN. У той же час необхідно відзначити, що все більшої популярності набуває стандарт iSCSI, на основі якого теж можлива побудова SAN-мереж.

Поряд зі швидкісними параметрами одним з найважливіших переваг Fibre Channel є можливість роботи на великих відстанях і гнучкість топології. Концепція побудови топології мережі зберігання даних базується на тих же принципах, що і традиційні локальні мережі на основі комутаторів і маршрутизаторів, що значно спрощує побудову багатовузлових конфігурацій систем.

Варто зазначити, що для передачі даних в стандарті Fibre Channel використовуються як оптоволоконні, так і мідні кабелі. При організації доступу до територіально віддалених вузлів на відстані до 10 км використовується стандартна апаратура і одномодовое оптоволокно для передачі сигналу. Якщо ж вузли рознесені на більшу відстань (десятки або навіть сотні кілометрів), застосовуються спеціальні підсилювачі.

Основний недолік SAN-мереж – висока вартість компонентів.

Варто також описати програмно-визначену мережу зберігання – SDN (software-defined storage).

SDN – це програмне рішення, що забезпечує створення мережі зберігання даних на неспеціалізованому обладнанні масового класу, як правило, групі серверних вузлів архітектури x86-64 під керуванням операційних систем загального призначення (Linux, Windows, FreeBSD). Основна характеристика, яка вирізняє це рішення – віртуалізація функції зберігання, що відокремлює апаратне забезпечення від програмного, яке керує інфраструктурою зберігання; в цьому сенсі є розвитком концепції програмно-визначеної мережі, яка спеціалізована для систем зберігання.

2.5 Топологія і переваги SAN-мереж

Існує типовий варіант SAN-мережі на основі стандарту Fibre Channel. Інфраструктуру такої SAN-мережі становлять пристрої зберігання даних з інтерфейсом Fibre Channel, SAN-сервери (сервери, що підключаються як до локальної мережі по інтерфейсу Ethernet, так і до SAN-мережі по інтерфейсу Fiber Channel) і комутаційна фабрика (Fibre Channel Fabric), яка будується на основі Fibre Channel-комутаторів (концентраторів) і оптимізована для передачі великих блоків даних. Доступ мережевих користувачів до системи зберігання даних реалізується через SAN-сервери. При цьому важливо, що трафік усередині SAN-мережі відділений від IP-трафіку локальної мережі, що, безумовно, дозволяє знизити завантаження локальної мережі.

До основних переваг технології SAN можна віднести високу продуктивність, високий рівень доступності даних, відмінну масштабованість і керованість, можливість консолідації та віртуалізації даних.

Комутаційні фабрики Fiber Channel з неблокуючою архітектурою дозволяють реалізувати одночасний доступ безлічі SAN-серверів до пристроїв зберігання даних.

В архітектурі SAN дані можуть легко переміщатися з одного пристрою зберігання даних на інше, що дозволяє оптимізувати розміщення даних. Це особливо важливо в тому випадку, коли декільком SAN-серверів потрібно одночасний доступ до одних і тих же пристроїв зберігання даних. Відзначимо, що процес консолідації даних неможливий в разі використання інших технологій, як, наприклад, при застосуванні DAS-пристроїв, тобто пристроїв зберігання даних, безпосередньо приєднуються до серверів.

Інша можливість, яку надає архітектурою SAN, – це віртуалізація даних. Ідея віртуалізації полягає в тому, щоб забезпечити SAN-серверам доступ не до окремих пристроїв зберігання даних, а до ресурсів. Тобто сервери повинні розрізняти не пристрої зберігання даних, а віртуальні

ресурси. Для практичної реалізації віртуалізації між SAN-серверами і дисковими пристроями може розміщуватися спеціальний пристрій віртуалізації, до якого з одного боку підключаються пристрої зберігання даних, а з іншого – SAN-сервери. Крім того, багато сучасних FC-комутатори і HBA-адаптери надають можливість реалізації віртуалізації.

Наступна можливість, яку надає SAN-мережами, – це реалізація віддаленого віддзеркалення даних. Принцип віддзеркалення даних полягає в дублюванні інформації на кілька носіїв, що підвищує надійність зберігання інформації. Прикладом найпростішого випадку віддзеркалення даних може служити об'єднання двох дисків в RAID-масив рівня 1. У даному випадку одна і та ж інформація записується одночасно на два диска. Недоліком такого способу можна вважати локальне розташування обох дисків (як правило, диски знаходяться в одній і тій же кошику або стійці). Мережі зберігання даних дозволяють подолати цей недолік і надають можливість організації зеркалювання не просто окремих пристроїв зберігання даних, а самих SAN-мереж, які можуть бути віддалені один від одного на сотні кілометрів.

Ще одна перевага SAN-мереж полягає в простоті організації резервного копіювання даних. Традиційна технологія резервного копіювання, яка використовується в більшості локальних мереж, вимагає виділеного Backup-сервера і, що особливо важливо, виділеної смуги пропускання мережі. Фактично під час операції резервного копіювання сам сервер стає недоступним для користувачів локальної мережі. Власне, саме тому резервне копіювання проводиться, як правило, в нічний час.

Архітектура мереж зберігання даних дозволяє принципово по-іншому підійти до проблеми резервного копіювання. В цьому випадку Backup-сервер є складовою частиною SAN-мережі і підключається безпосередньо до комутаційної фабрики. В цьому випадку Backup-трафік виявляється ізольованим від трафіку локальної мережі.

Основні переваги SAN-мереж:

- висока надійність доступу до даних, що знаходяться на зовнішніх

системах зберігання; незалежність топології SAN від використовуваних СЗД і серверів;

- централізоване зберігання даних (надійність, безпека);
- зручне централізоване управління комутацією і даними;
- перенесення інтенсивного трафіку введення-виведення в окрему мережу, розвантажуючи LAN;
- висока швидкодія та низька латентність;
- масштабованість і гнучкість логічної структури SAN;
- розміри SAN, на відміну від класичних DAS, практично не обмежені;
- можливість оперативно розподіляти ресурси між серверами;
- можливість будувати відмовостійкі кластерні рішення без додаткових витрат на базі наявної SAN;
- проста схема резервного копіювання – всі дані знаходяться в одному місці;
- наявність додаткових можливостей і сервісів (снапшоти, віддалена реплікація);
- високий ступінь безпеки SAN.

На закінчення можна сказати, що NAS і SAN-рішення в даний момент переживають справжній бум. Число виробників і різноманітність рішень збільшується, технічна грамотність споживачів зростає. Сміливо можна припускати, що в найближчому майбутньому практично в кожній обчислювальної середовищі з'являться ті чи інші системи зберігання даних.

Будь-які дані постають перед нами у вигляді інформації. Сенс роботи будь-яких обчислювальних пристроїв – обробка інформації. Останнім часом обсяги її зростання часом лякають, тому системи зберігання даних і спеціалізоване програмне забезпечення, безсумнівно, будуть найбільш потрібними продуктами ІТ-рику в найближчі роки.

Основні особливості та відмінності різних систем зберігання даних представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Відмінності систем зберігання даних

	DAS	NAS	FC SAN	IP SAN
Тип передачі	SCSI, FC, SAS	IP	FC	IP
Тип даних	Блок даних	файл	Блок даних	Блок даних
Типовий додаток	Будь-який	Файл-сервер	Бази даних	Відеоспостереження
Переваги	Легкість розуміння, чудова сумісність	Легкість встановлення, низька вартість	Здатність до масштабування	Здатність до масштабування
Недоліки	Труднощі управління, неефективне використання ресурсів, низька здатність до масштабування	Низька продуктивність, не застосовується для деяких додатків	Висока вартість, складність конфігурації	Низька виробнича потужність

Використовуючи SAN, можна поєднувати переваги DAS – швидкість і простоту, і NAS – гнучкість і керованість. До того ж отримується можливість масштабування систем зберігання до тих пір, поки вистачає бюджет системи.

Висновок: SAN призначені для передачі масивних блоків даних в СЗД, в той час як NAS забезпечують доступ до даних на рівні файлів. Комбінацією SAN + NAS можна отримати високу ступінь інтеграції даних,

високопродуктивний доступ і спільний доступ до файлів. Такі системи отримали назву unified storage – «уніфіковані системи зберігання».

Уніфіковані системи зберігання – архітектура мережесхемних СЗД, яка підтримує як файлово-орієнтовану систему NAS, так і блоко-орієнтовану систему SAN. Такі системи були розроблені з метою вирішити проблеми адміністрування і високою сумарною вартості володіння роздільними системами на одному підприємстві. Така СЗД підтримує практично всі протоколи: FC, iSCSI, FCoE, NFS, CIFS.

3 МОДЕЛЮВАННЯ

3.1 Функціонування моделі

Математичне моделювання має пройти такі етапи:

- постановка задачі, тобто прийняття рішення про необхідність моделювання і його мету; на цьому етапі слід чітко визначити і сформулювати мету досліджень; з мети досліджень випливатиме сукупність властивостей об'єкта моделювання, які підлягатимуть відбиттю у моделі;
- побудова математичної моделі;
- дослідження системи на моделі, прогнозування й керування оригіналом за результатами цих досліджень.

Побудову математичної моделі, тобто вивчення явища за допомогою математичної моделі, можна умовно розбити на 4 етапи (рисунок 3.1):

- етап змістовного опису;
- етап формалізації опису;
- етап остаточної побудови моделі;
- етап перегляду і вдосконалення моделі за результатами узагальнення емпірично накопичених даних.

Можна виділити етапи життєвого циклу процесу зберігання даних [9]:

- поява потреби в зберіганні;
- формування повідомлення (перетворення наявних відомостей у повідомлення);
- запис повідомлення на певний носій (стиснення, кодування інформації, запис на фізичний носій);
- зберігання фізичного носія заданий час (створення і підтримка умов, забезпечують цілісність даних на носії протягом встановленого терміну);
- зчитування повідомлення з носія;
- інтерпретація даних (перетворення повідомлення у відомості).



Рисунок 3.1 – Етапи побудови математичної моделі

Кожний етап життєвого циклу має відповідну інформаційну технологію, яка реалізує процес зберігання даних.

Для даних видів носіїв можна виділити інтервали термінів зберігання інформації і поставити у відповідність наступні типи даних:

- вихідні дані – час зберігання до одного року;
- резервні копії – час зберігання від 1 року до 10 років;
- архівні дані – необхідний час зберігання від 10 до 100 років;
- дані, для передачі наступним поколінням – можливий час зберігання від 100 до 1000 і більше років.

Ієрархічна структура СЗД, що складається з трьох рівнів ієрархії:

- інформаційно-пошукова система;
- база даних;
- сховище даних.

Можна розглянути процес інкапсуляції даних в ході формування файлу по ланцюжку:

- мінімальна одиниця зберігання (МОЗ);
- фізичний блок даних (ФБД);
- логічний блок даних (ЛБД);
- файл.

Відомо, що різні файлові системи підтримують різний розмір логічного блоку даних, максимальний розмір файлу, максимальний обсяг носія і т.д.

Особливу роль при зберіганні даних грають метадані, які несуть в собі інформацію про місце, час зберігання файлів та інші відомості, які використовуються при організації раціонального зберігання різномірних даних.

Метадані – це дані про дані. Інформація, що використовується для опису даних, яка може зберігатися окремо від самих даних.

Класифікувати метадані файлів можна:

- за функціональними характеристиками (організаційні: первинні – заявляються користувачем; адресні – включають в себе адресу файлу на носії і адресу носія в сховище; спеціалізовані – включають в себе характеристики файлів з даними і характеристики носія інформації);

- за необхідності формування (обов'язкові – необхідні для ідентифікації і зчитування інформації; варіативні – заявлені користувачем;

- за місцем зберігання (збережені на носії разом з даними; збережені в базі метаданих).

Існують типи ресурсів, що забезпечують зберігання даних: інтелектуальні, інформаційні та фізичні. Основний тип фізичних ресурсів – ємність, ефективне використання якого дозволяє економити кошти, що витрачаються на зберігання даних.

Також можна виділити укрупнені параметри збереження даних, від яких залежить вибір технології зберігання: час директивного зберігання, розмір логічного блоку даних, розмір файлу, частота звернення до нього.

Зроблено висновок, що дані параметри впливають на вибір файлової системи, роботу СЗД та витрачання ресурсів.

3.2 Моделі керування ресурсами

Аналіз моделей інформаційних процесів, таких як MIC (Model for Interactions between Components) і OSIBRM (Open Systems Interconnection Basic Reference Model) показав, що в них відсутній докладний опис запису і фізичного зберігання бітів даних, що є необхідним для опису процесу зберігання.

Натомість краще використати багаторівневу модель зберігання даних, що має стратифіковану структуру, яка об'єднує рівні організації зберігання, види носіїв і характеристики даних (рисунок 3.2).

Фізичний рівень даної моделі зберігання даних визначає порядок запису і адресацію бітів даних файлу. На даному рівні моделі розглядаються наступні характеристики вхідного потоку файлів на запис F : розмір логічного блоку даних S і розмір файлу f .

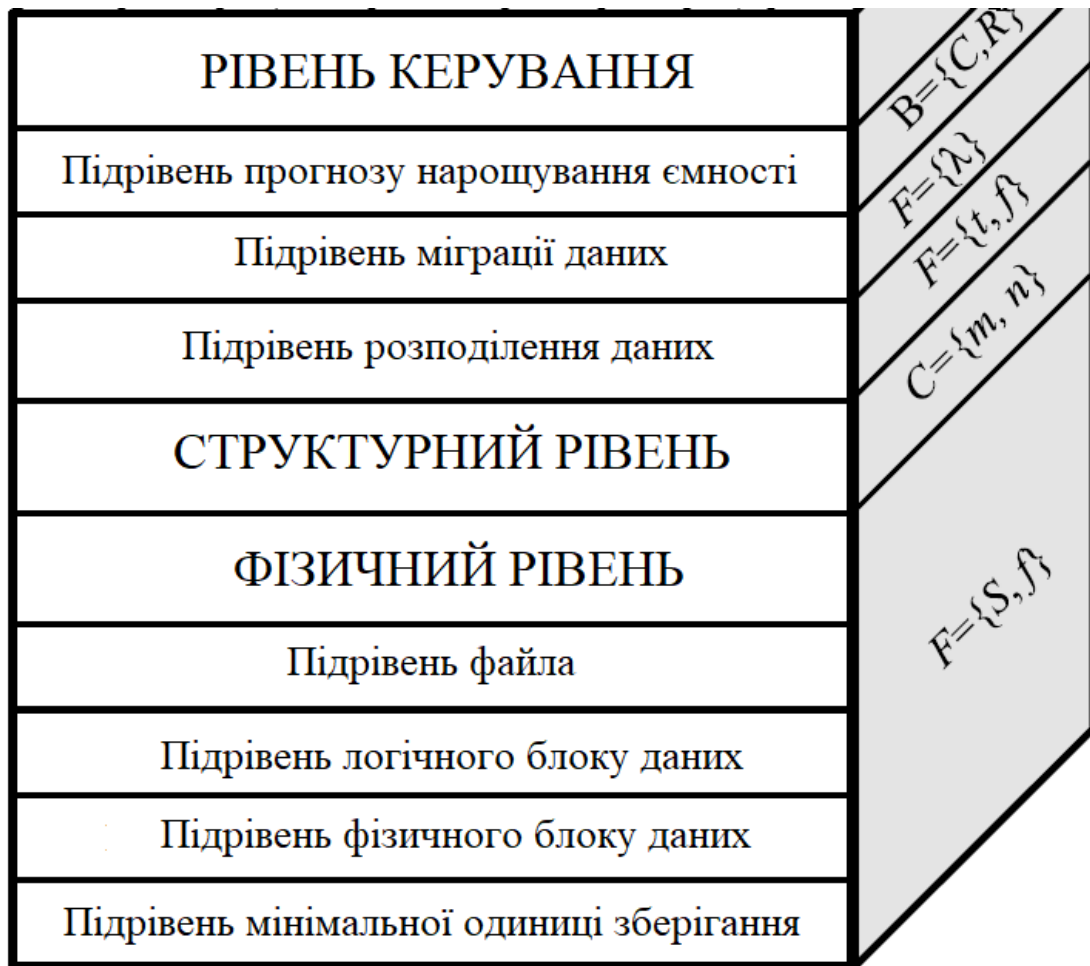


Рисунок 3.2 – Багаторівнева модель зберігання даних

Фізичний рівень складається з чотирьох підрівнів, відповідних інкапсуляції даних:

- мінімальна одиниця зберігання;
- фізичний блок даних;
- логічний блок даних;
- файл.

Відповідно, на підрівні МОЗ реалізуються функції з підтримки стійкого стану мінімальної одиниці зберігання, на підрівні фізичного блоку відбувається інкапсуляція МОЗ у фізичні блоки даних, далі на підрівні логічного блоку даних відбувається інкапсуляція фізичних блоків даних в логічні. На підрівні файлу визначається адресація бітів даних, фізичних і логічних блоків і відбувається логічне об'єднання бітів даних в файл.

На структурному рівні визначаються характеристики матричної структури фізичного сховища даних: рівні зберігання (RAID, автоматизовані бібліотеки, носії тривалого зберігання) і томи кожного рівня сховища. Перед записом на певний рівень сховища потрібно проводити аналіз даних з метою вибору файлової системи з певним розміром логічного блоку даних (для рівня RAID) або певним типом архівного носія. Таким чином кожна клітинка матриці – це том відповідного рівня сховища, призначеного для зберігання даних з певними метричними характеристиками.

Рівень керування описує процеси керування ємністю фізичного сховища даних. Рівень містить чотири підрівні.

На підрівні розподілу даних проводиться аналіз характеристик вхідного потоку даних і розміщення даних в матриці зберігання.

Можна виділити наступні механізми:

- механізм вертикального розміщення – вибір рівня сховища m в залежності від часу зберігання t ;
- механізм горизонтального розміщення – вибір логічного тому або носія n в залежності від розміру файлу f .

На підрівень міграції даних можна в залежності від частоти звернення до даних λ здійснювати міграцію даних за рівнями фізичного сховища за допомогою механізму динамічного розміщення.

Підрівень прогнозу нарощування ємності передбачає складання прогнозу нарощування ємності фізичного сховища.

З урахуванням архітектури СЗД можна побудувати матричну структуру сховища даних розміром $m \times n$, де m – це кількість рівнів сховища, n – кількість фізичних або логічних носіїв.

Елементами матриці є множини файлів, що мають певні значення характеристик: тип файлу – $type$, розмір файлу – f .

Послідовне виконання алгоритмів розміщення файлів вимагає великих енергетичних витрат.

У зв'язку з цим краще використовувати розподіл файлів по комірках

матриці на основі аналізу метаданих файлів з використанням апарату нейронних мереж Кохонена.

Нейронні мережі Кохонена – клас нейронних мереж, що використовують навчання без вчителя, основним принципом роботи яких є введення у правило навчання нейрона інформації про його розташування.

Мережа Кохонена відноситься до мережі, що самоорганізуються, які під час надходження вхідних сигналів не отримують інформацію про бажаний вихідний сигнал. Всі подані вхідні сигнали із заданої навчальної множини мереж розділяє класи, будуючи так звані топологічні карти.

Мережу Кохонена використовують для відображення нелінійних взаємозв'язків даних на достатньо легко інтерпретовані сітки (частіше за все двомірні), які являють собою метричні та топологічні залежності вхідних векторів, що об'єднуються у кластери.

Мережі Кохонена зазвичай застосовуються у задачах кластерного аналізу, прогнозування, розпізнавання, класифікації.

Вибір даного методу аналізу обумовлений особливостями алгоритму, який реалізує мережу Кохонена:

- використовується неконтрольоване навчання, при якому правило навчання нейрона засноване на інформації про його розташуванні;
- відсутні еталонні значення навчальної множини: кожному об'єкту з початкової множини відповідає рядок таблиці, і вихідна безліч розбивається на класи в залежності від векторів значень ознак його об'єктів;
- результатом алгоритму є топологічна карта, в якій вхідні дані класифікуються на групи (кластери).

У разі очікуваного розподілу файлів по комітках сховища даних очевидно, що обрані характеристики файлів задають вектори значень ознак об'єктів.

Таким чином, кожна комірка карти, що виникає, повинна відповідати елементу матриці керування ємністю СЗД.

Апарат нейронної мережі Кохонена може бути інструментом вирішення задачі розміщення об'єктів відповідно до необхідних параметрів. Основною складністю при цьому є вибір параметрів класифікації і нормалізація параметрів.

Потрібно скласти наступні механізми розподілу файлів даних за рівнями СЗД (рисунок 3.3):

- вибір рівня СЗД залежно від часу зберігання (вертикальне розміщення);
- вибір логічного тому рівня зберігання СЗД залежно від розміру файлу і довжини логічного блоку даних (горизонтальне розміщення);
- міграція даних за рівнями СЗД залежно від частоти звернення до них (динамічне розміщення) [12].

Ідея вертикального розміщення файлів заснована на аналізі організаційних метаданих, що містять відомості про тип даних:

- ind (initial data) – вихідні дані, які розміщуються на рівень RAID;
- bck (backups) резервні копії, архівні дані, які будуть зберігатися на рівні автоматизованої бібліотеки;
- ngd (next generation data) – дані безстрокового зберігання.

На наступному етапі відбувається горизонтальний розподіл файлів. Ідея горизонтального розміщення заснована на виборі файлової системи для рівня RAID і за типами носіїв на нижніх рівнях СЗД.

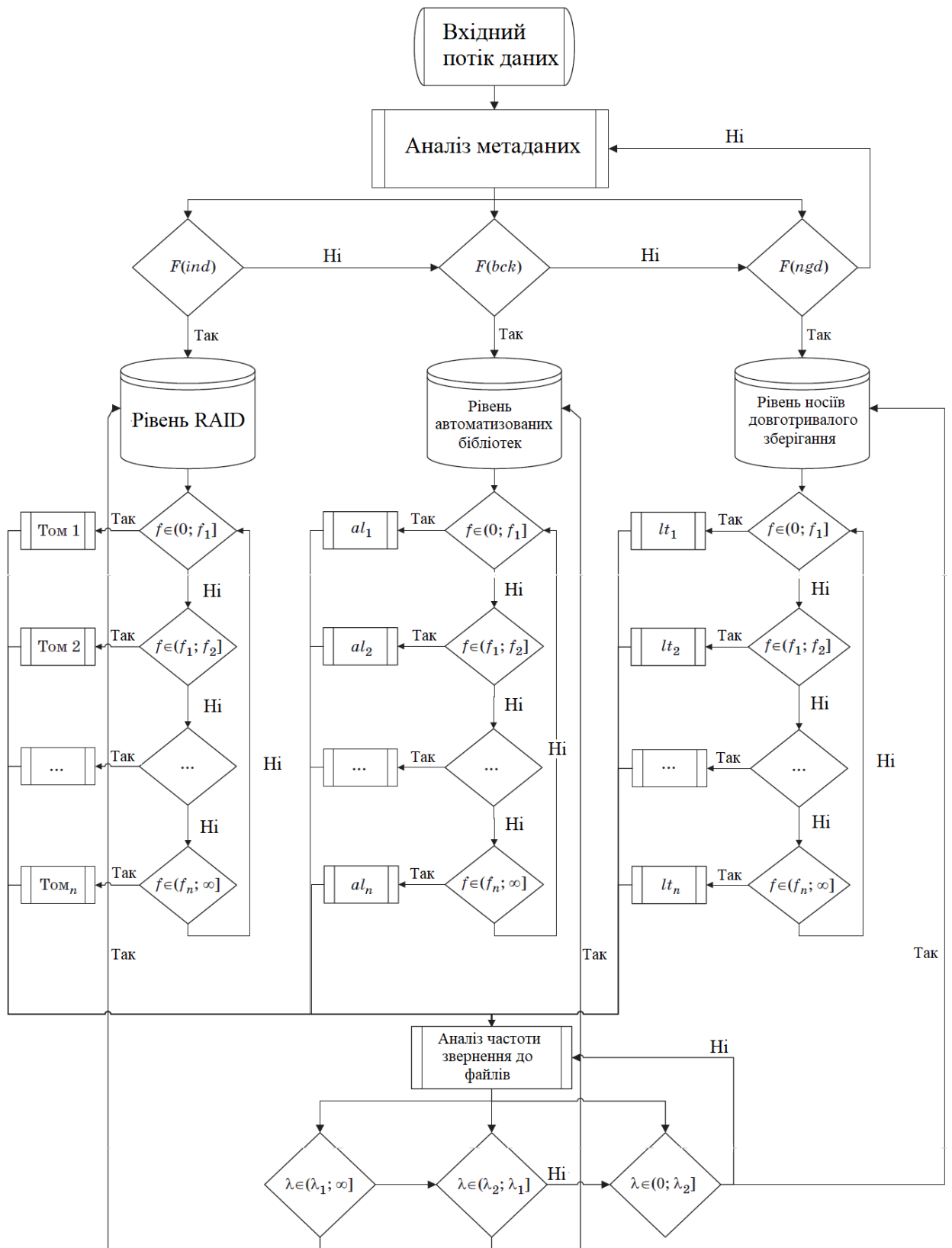


Рисунок 3.3 – Алгоритм моделі керування ємністю СЗД на основі аналізу метаданих

Правило горизонтального розміщення:

$$\text{Якщо } f \in (f_i; f_{i+1}), \text{ то } a_{i+1} \leftrightarrow F \rightarrow \text{Том}_{i+1}, \quad (3.1)$$

де f – розмір файлу F ;

f_i, f_{i+1} – ліва і права границі відповідно розміру файлу F , з яким може працювати файлова система;

a_{i+1} – розмір логічного блоку даних, яким оперує файлова система;

Том_{i+1} – номер тому RAID, яка керується відповідною файловою системою.

Ідея динамічного розміщення заснована на міграції даних за рівнями СЗД залежно від частоти звернення до файлів даних:

$$\text{Якщо } \lambda_f \in (\lambda_i; \lambda_{i+1}), \text{ то } F \rightarrow l, \quad (3.2)$$

де λ_f – частота запиту файлу F ;

λ_i, λ_{i+1} – ліва і права границі відповідно частоти запиту файлу;

l – номер рівня СЗД, на який мігрує файл F .

Механізм міграції дозволяє подолати недоліки суб'єктивного вибору типу файлів, що зберігаються при реалізації першого етапу.

Бажано проводити розподіл файлів по комірках матриці зберігання з використанням апарату нейронних мереж Кохонена, що дозволяє відмовитися від послідовного виконання механізмів розміщення. Навчена нейронна мережа Кохонена здатна вирішувати завдання розміщення файлів за один крок.

Дві карти Кохонена при різних вибірках експериментальних файлів демонструють розподіл файлів по комірках матриці зберігання в залежності від типу, розміру файлів і частоти звернення до файлів (рисунок 3.4).

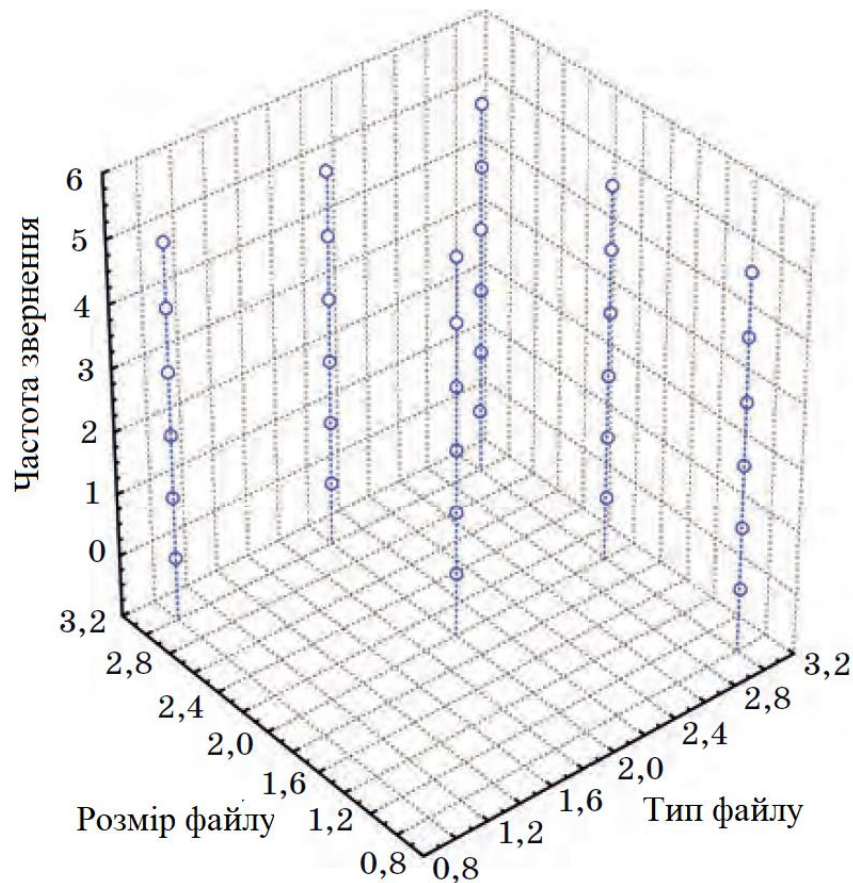


Рисунок 3.4 – Розподіл файлів в залежності від типу, розміру і частоти звернення

Запропонований алгоритм багаторівневого зберігання даних, що дозволяє розподіляти файли в СЗД у відповідності з послідовним застосуванням механізмів:

- вертикального розміщення за рівнями системи зберігання в залежності від часу зберігання файлу;
- горизонтального розміщення по логічним томам рівня зберігання в залежності від розміру файлу та довжини логічного блоку даних;
- динамічного розміщення – міграції файлів за рівнями СЗД залежно від частоти звернення до них.

Вертикальне і горизонтальне розміщення засноване на аналізі організаційних метаданих, приписаних файлів.

Можна проводити розподіл файлів по комірках матриці з використанням апарату нейронних мереж Кохонена, що дозволяє відмовитися від послідовного виконання механізмів розміщення.

Апарат нейронної мережі Кохонена здатний слугувати як інструмент вирішення задачі розміщення файлів у відповідності з необхідними параметрами.

Можна побудувати модель прогнозу, яка заснована на аналізі зрізів стану фізичного сховища даних і являє собою патерн поведінки СЗД, виходячи з прогнозу поведінки кожної комірки матриці зберігання.

Комірки мають наступні характеристики:

- максимальне значення ємності V_{max} , при цьому ємність комірки відповідає ємності носія (томи носія);

- граничне значення ємності $V_{lim} (V_{lim} < V_{max})$, при досягненні якого необхідно робити нарощування.

Також задаються граничні значення частоти звернення до файлів l_1, \dots, l_{m-1} , при подоланні яких здійснюється міграція файлів за рівнями системи.

Сукупність зазначених характеристик є нульовим патерном стану системи зберігання даних.

Для актуалізації фізичного сховища даних СЗД можна провести аналіз метаданих про розмір файлів, що зберігаються в кожній комірці матриці зберігання для оцінювання поточної ємності кожної комірки $V_{current}$.

Отримана модель матриці зберігання є актуальним патерном стану СЗД.

Оскільки дані в СЗД накопичуються, необхідно робити підрахунок даних, що накопичуються з плином часу, і визначати точки подолання граничних значень ємності комірок матриці зберігання (V_{lim}).

Характеристики, що впливають на поведінку системи:

- $V_{max\ mn}$ – максимальна ємність комірки mn ;
- $V_{lim\ mn}$ – гранична ємність комірки mn ;
- $V_{current\ mn}$ – поточна ємність комірки mn ;
- Введено додатково:
- $t_{lim\ mn}$ – час досягнення граничної ємності комірки mn ;
- $t_{max\ mn}$ – час досягнення максимальної ємності комірки mn .

Завдання прогнозування полягає в знаходженні часу досягнення граничної ємності $t_{lim\ mn}$ і часу досягнення максимальної місткості $t_{max\ mn}$ кожної комірки.

Значення $V_{lim\ mn}$ і $V_{max\ mn}$, задані в паттерні станів матриці зберігання, математично можна виразити таким чином:

$$V_{lim} = \int_1^{t_{lim}} f(t) dt, \quad (3.3)$$

$$V_{max} = \int_1^{t_{max}} f(t) dt, \quad (3.4)$$

де $f(t)$ – функція вхідного потоку даних.

Функція $f(t)$ математично може бути не визначена, тому можна також виразити значення V_{lim} і V_{max} , виходячи з методу правих прямокутників.

Ідея методу прямокутників полягає в розбитті відрізка інтегрування на дрібні частини і у побудові прямокутників, які спираються на ці відрізки й мають висоту. Вважається, що інтеграл дорівнює приблизно сумі площ побудованих прямокутників.

Тоді:

$$V_{lim} = \int_1^{t_{lim}} f(t) dt = T \sum_1^{t_{lim}} f(t), \quad (3.5)$$

$$V_{max} = \int_1^{t_{max}} f(t) dt = T \sum_1^{t_{max}} f(t), \quad (3.6)$$

де T – крок розбиття, що дорівнює одиниці мінімального обраного масштабу часу.

Математично значення t_{lim} і t_{max} обчислити складно, тому що функція $f(t)$ не має інтегралу. Тому запропоновано обчислювати дані параметри програмно методом підстановки. Тобто необхідно знайти такі t_{lim} і t_{max} , при яких відповідно V_{lim} і V_{max} дорівнюватимуть встановленому значенню.

Необхідно відзначити, що дані розрахунки проводяться для кожної комірки матриці зберігання. Таким чином формується патерн поведінки системи.

Особливістю вхідного потоку даних в СЗД є властивість самоподібності (точно або наближено збігається з частиною себе самого). Визначено параметри, що вказують на самоподібність вхідного потоку даних: довгострокова залежність, повільно загасаюча дисперсія і наявність розподілу з важкими «хвостами» часу між сусідніми надходженнями.

Для аналізу вхідного потоку на СЗД краще обрати:

- загальну лінійну модель для випадку вхідного потоку даних без самоподібної структури;
- модель авторегресії і проінтегрованого середнього для самоподібного вхідного потоку даних.

Методика прогнозування нарощування ємності СЗД складається з наступних етапів:

- аналіз поточного стану системи, в ході якого будується нульовий і актуальний патерни стану СЗД; нульовий патерн – це шаблон структури сховища даних, що встановлює обмеження на значення параметрів її комірок. Актуальний патерн визначає поточний стан сховища; у побудові актуального паттерна беруть участь метадані, що вказують на розмір збережених в СЗД файлів і час директивного зберігання.

- виявлення властивостей вхідного потоку даних (візуалізація в різних масштабах часу структури вхідного потоку даних на основі графіків тимчасового ряду; візуальний аналіз графіків тимчасового ряду – виявлення наявності або відсутності ознак самоподібності; при відсутності ознак самоподібності перехід до загальної лінійної моделі, інакше перехід до статистичних показників самоподібності; визначення статистичних показників самоподібності вхідного потоку даних (параметра форми розподілу, показника Херста, дисперсії); перехід до пункту модель авторегресії)

- побудова паттерна поведінки P системи (прогнозна модель), на основі якого будується одна з моделей прогнозу: загальна лінійна модель; модель авторегресії і проінтегрованого середнього для кожної комірки матриці зберігання.

- розрахунок часу подолання граничних значень ємності комірок матриці зберігання.

- моніторинг стану СЗД за допомогою систематичних зрізів станів системи.

- перевірка відповідності стану СЗД патерну поведінки.

Якщо різниця між зрізом стану СЗД і патерном поведінки менше допустимої помилки прогнозу, то вважати прогноз правильним і перейти на початок (аналіз поточного стану системи).

Інакше – перехід до пункту 3 з іншими параметрами прогнозування.

ВИСНОВКИ

Комп'ютерні системи зберігання даних є дуже важливими у сучасному світі. Є потреба у надійному зберіганні даних, ефективному та швидкому керуванню ресурсів. Є моделі та методи керування цими ресурсами.

У сучасному світі місячний глобальний трафік інформації вимірюється у десять у вісімнадцятій степені байт, тобто величезний. Багато користувачів, у тому числі великі та малі компанії витрачають десятки тисяч доларів США на системи збереження даних, у той час як кількість інформації невпинно зростає.

Керування ресурсами СЗД стало стратегічним питанням для користувачів інформаційних технологій.

Під системою зберігання даних можна розуміти окремих внутрішній жорсткий диск або систему дисків. Якщо ж мова заходить про корпоративну СЗД, то традиційно можна виділити три технології організації зберігання даних: DAS, NAS і SAN.

DAS – метод зберігання даних з прямим підключенням. Переваги: відносна дешевизна, легкість розуміння, чудова сумісність. Недоліки: труднощі керування, неефективне використання ресурсів, низька здатність до масштабування.

NAS – це мережеві системи зберігання даних. Переваги: легкість встановлення, низька вартість, гнучкість. Недоліки: низька продуктивність, не застосовується для масштабних цілей.

SAN – спеціалізована мережева інфраструктура для зберігання даних. Переваги: здатність до масштабування, орієнтація на масивних блоків даних, висока надійність і безпека. Недоліки: висока вартість.

Застосування розроблених моделей дозволяє раціонально використовувати фізичні ресурси СЗД, що є актуальним в умовах сучасного обсягу даних, що створюються і зберігаються.

Особлива увага в роботі приділена ємності фізичного сховища даних, тобто обсягом пам'яті, який займають файли даних в СЗД.

Проведений в роботі аналіз дозволив:

- встановити вимоги, що вимагаються до термінів зберігання даних, виділити інтервали термінів зберігання і провести їх у відповідність з носіями даних в залежності від фізичного типу пам'яті і часового ресурсу;
- визначити особливу роль метаданих при цифровому зберіганні та провести їх класифікацію;
- виявити типи ресурсів, що забезпечують зберігання даних і визначити основний тип ресурсів – ємність фізичного сховища даних, ефективне використання якої дозволяє економити кошти, що витрачаються на збереження даних;
- виділити укрупнені параметри збереження даних;
- розглянути СЗД як систему керування сховищем даних.

Основні результати роботи полягають в наступному:

- запропоновано багаторівневу модель зберігання даних, яка об'єднує рівні організації процесу зберігання, технології, що реалізують цей процес і відповідні характеристики даних (описані функції рівнів і підрівнів пропонованого варіанту багаторівневої моделі зберігання даних; описана робота багаторівневої моделі; розглянуті проблеми реалізації процесу зберігання даних на кожному рівні пропонованої моделі, які полягають в економії матеріальних ресурсів і своєчасному нарощуванні ємності СЗД);
- запропоновано модель керування ресурсами фізичного сховища СЗД, заснована на застосуванні алгоритмів вертикального, горизонтального і динамічного розміщення файлів (запропоновані алгоритми вертикального і горизонтального розміщення файлів в фізичному сховище СЗД, запропонований алгоритм динамічного розміщення файлів в СЗД, заснований на міграції даних в залежності від частоти звернення до файлів, запропонована матрична структура керуванням сховищем даних; визначено,

що апарат нейронної мережі Кохонена може бути інструментом вирішення задачі розміщення об'єктів у відповідності з необхідними параметрами).

- запропоновано методику прогнозування нарощування ємності СЗД на основі аналізу потоку вхідних даних і їх міграцій; запропоновано макет інтерфейсу додатку для аналізу вхідного потоку даних і побудови моделі прогнозу нарощування на основі запропонованої методики.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Як влаштовані системи зберігання даних. Системи зберігання даних – короткий огляд [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www/ URL: https://subcase.ru/uk/kak-ustroeny-sistemy-hraneniya-dannyh-sistemy-hraneniya-dannyh-.html](http://www.subcase.ru/uk/kak-ustroeny-sistemy-hraneniya-dannyh-sistemy-hraneniya-dannyh-.html) – Загол. з екрану.
2. Системи зберігання даних [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www/ URL: http://dnipro-techno.center/component/spsimpleportfolio/item/88-sistemi-zberigannya-danikh](http://www.dnipro-techno.center/component/spsimpleportfolio/item/88-sistemi-zberigannya-danikh) – Загол. з екрану.
3. Системи зберігання даних [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www/ URL: http://active-solutions.com.ua/uk/storage-systems/](http://www.active-solutions.com.ua/uk/storage-systems/) – Загол. з екрану.
4. Системи зберігання даних [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www/ URL: https://it-dialog.com.ua/solutions/data-center-solutions/data-storage-systems.html](https://it-dialog.com.ua/solutions/data-center-solutions/data-storage-systems.html) – Загол. з екрану.
5. Системи зберігання даних – короткий огляд [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www/ URL: https://crashbox.ru/iron/storage-systems-an-overview-buy-network-storage-for-a-good-price/](https://crashbox.ru/iron/storage-systems-an-overview-buy-network-storage-for-a-good-price/) – Загол. з екрану.
6. Математичні моделі: означення, характеристики, етапи побудови [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www/ URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/3zlepko_osnovy_biomedychnogo_radioel_ektronnogo_aparatobuduvannya/6.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/firen/3zlepko_osnovy_biomedychnogo_radioel_ektronnogo_aparatobuduvannya/6.html) – Загол. з екрану.
7. Storage Area Network (SAN) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www/ URL: https://www.slideserve.com/channing-vega/storage-area-network-san](https://www.slideserve.com/channing-vega/storage-area-network-san)
8. Things You Should Know about IP SAN vs FC SAN [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www/ URL: http://www.chinacablesbuy.com/things-about-ip-san-vs-fc-san.html](http://www.chinacablesbuy.com/things-about-ip-san-vs-fc-san.html) – Загол. з екрану.
9. Пойманова, В. Д. Модели управления ресурсами систем управления данных [Текст] : автореф. дис. ... ст. преп. : В. Д. Пойманова ; [Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им.

проф. М.А. Бонч-Бруевича] . – Ст-Пт., 2020. – 7-16 с.

10. Флеш-технологии хранения данных [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www/ URL: https://www.connect-wit.ru/flesh-tehnologii-hraneniya-dannyh-kak-vershina-evolyutsii-shd.html?utm_source=www.google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=Google&referrer-analytics=1](https://www.connect-wit.ru/flesh-tehnologii-hraneniya-dannyh-kak-vershina-evolyutsii-shd.html?utm_source=www.google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=Google&referrer-analytics=1) – Загол. з екрану.

11. Системы хранения данных NetApp для непрерывного бизнеса [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www/ URL: https://smb.ixbt.com/articles/gotovye-resheniya/2020-07-09/sistemy-khraneniya-dannykh-netapp-dlya-nepreryvnogo-biznesa](https://smb.ixbt.com/articles/gotovye-resheniya/2020-07-09/sistemy-khraneniya-dannykh-netapp-dlya-nepreryvnogo-biznesa) – Загол. з екрану.

12. Советов, Б. Я. Организация многоуровневого хранения данных [Текст] / Б. Я. Советов, Т. М. Татарникова, Е. Д. Пойманова // Научные статьи. Организация многоуровневого хранения данных. Информационно-управляющие системы. – 2019. – № 2, С. 68–75.

13. Kohonen Network with Parallel Training: Operation Structure and Algorithm /V. Diachenko, O. Liashenko, Bnar Fareed Ibrahim, O. Mikhal, Y. Koltun // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, Volume 8, No.1.2, 2019, Pages 35-38.

14. Ільніцький, Д. М. Моделі та методи керування ресурсами комп'ютерних систем зберігання даних / Д. М. Ільніцький, О. С. Ляшенко, В. Г. Знайдюк // Проблеми інформатизації. Тези доповідей восьмої міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації» – 2020. – С. 71.