

Пристрої резервного копіювання

Залежно від змістовного наповнення, частоти звернення та строку зберігання, виділяються три ключові задачі збереження електронних даних: оперативний доступ до інформації, резервне копіювання та архівне (довготривале) зберігання. Вирішення кожної з завдань потребує вибору та застосування різноманітного обладнання (носіїв) та програмного забезпечення відповідно до специфічних вимог щодо збереження та доступу.

Основні вимоги до оперативного збереження - безперервність доступу та висока швидкість роботи. Типовим прикладом може бути файловий сервер, головне завдання якого - негайне надання необхідних даних великому кількості користувачів корпоративної мережі. Варіантом вирішення завдання оперативного збереження є магнітні пристрої - HD-диски, RAID-масиви, останнім часом - флеш-пам'ять. На рівні оперативного зберігання інформації SSD-пристрої мають певні переваги перед HDD-накопичувачами: продуктивність (швидкість читання та запису до 270 Мбіт/с); низька латентність у режимі читання 65 мкс, у режимі запису 85 мкс (34-нм технологічний процес); низьке споживання енергії; відсутність рухомих частин; висока механічна стійкість; широкий діапазон робочих температур. При організації RAID 5 (7+1) на основі 2 Тбайт FC HDD та SSD (ZeusIOPS, 3,5 дюйми,

Архівне збереження передбачає збереження важливої інформації протягом тривалої години при забезпеченні швидкого доступу до неї, що диктує цілком визначені вимоги до технологій зберігання та обладнання, зокрема, тривале зберігання великих обсягів інформації в незмінному вигляді. Таким умовам відповідають роботизовані бібліотеки оптичних дисків (можуть використовуватись носії DVD/BD/UDO та магнітооптика). На рівні довгострокового зберігання інформації, МО-накопичувачі мають значно меншу годину пошуку інформації, ніж пристрої на магнітній стрічці. Крім того, МО диски більш довговічні, ніж стрімерні касети. Відповідно до даних кампанії Plasmon, загальна вартість володіння для систем UDO значно менша порівняно з магнітооптикою.

Резервне копіювання передбачає високу потокову швидкість запису та читання та велику ємність носія. Оптимальним вибором будуть системи на основі стрічкових накопичувачів. Довговічність зберігання не критична, оскільки резервне копіювання проводиться регулярно.

Стрімери

Стрімери - пристрій, що підключається до комп'ютера, для запису та відтворення цифрової інформації на касету з магнітною плівкою. На сьогоднішній день у деяких областях досі стрічкові накопичувачі знаходять широке застосування. Основне призначення – це запис та читання даних, а також їх копіювання та архівування. Запис відбувається за допомогою запам'ятовування інформації, фіксуючи її на накопичувачі паралельно за всіма доріжками. При роботі магнітно-стрічкового накопичувача сама стрічка може здійснювати рухи в обох напрямках. Робочий процес при цьому нагадує використання магнітофона, оскільки в кінці запису, коли закінчується стрічка, апарат рухає її в зворотному напрямку. Переваги - великий обсяг даних (до 80Тбайт на касету), недолік - послідовний доступ до даних і, отже, низька швидкість доступу.

Нинішні стрімери мають можливість підключатися за допомогою високопродуктивного інтерфейсу SAS, який здатний забезпечити швидкість передачі даних від трьох до

шести гігабіт на секунду. Більш старі представники моделей IBM підключалися через роз'єм FICON.

Сучасні представники магнітних накопичувачів дотримуються стандартів, іменуваних LTO. Компанія IBM представила стрічковий накопичувач (стрімер) LTO-5 TS2350, який має два роз'єми підключення SAS і один порт для виходу в інтернет (рис. 1).



Рис. 1 - Стрімер LTO-5 TS2350

Магнітооптичні накопичувачі

Магнітооптичні накопичувачі - запис здійснюється зміною намагніченості підкладки з феромагнітного матеріалу шляхом нагрівання за допомогою лазерного променя її невеликої ділянки у зовнішньому магнітному полі. Для зчитування даних використовується ефект Керра, який полягає у зміні напрямку поляризації променя, відбитого від намагніченої поверхні. При нагріванні вище за температуру Кюрі (приблизно 300°C) відповідну ділянку активного шару можна перемагнітити, тобто. стерти інформацію. Сьогодні випускаються магнітооптичні накопичувачі, призначені для роботи з носіями діаметром 3.5 та 5.25 дюйми. Диски розміщені в нерозбірні картриджі, що нагадують за конструкцією 3.5-дюймові дискети; таким чином вони надійно захищені від випадкового пошкодження (рис. 2).



Рис. 2 - Зовнішній МО накопичувач і магнітооптичний диск

Використовуючи магнітооптичні диски, можливо досягти надзвичайно надійного зберігання інформації, оскільки час збереження даних визначається практично стійкістю використаної підкладки (скло чи полікарбонат). Що стосується циклів запису, то у випробуванні на 100 мільйонів циклів не було помічено жодних незворотних змін властивостей магнітного шару та підкладки. Завдяки тому, що головки читання/запису в них ніколи не торкаються диска, забезпечується висока стійкість до вібрацій та ударних навантажень. У магнітооптичних дисках, на відміну магнітних, немає мимовільного спотворення інформації, що робить ці пристрої придатними для довгострокового архівування даних. Вони не зазнають впливу підвищених та знижених температур, електромагнітних випромінювань та забруднень.

Накопичувачі типу Bernoulli

Накопичувачі типу Bernoulli компанії Iomega. Головка читання/запису у таких накопичувачах, спроектована з урахуванням вимог аеродинаміки, плаває над поверхнею гнучкого диска Бернуллі. Повітряні потоки, що виникають внаслідок обертання диска з високою швидкістю, викликає вигін частини поверхні диска, що знаходиться під головкою читання/запису, у напрямку до останньої. Однак диск не стикається з головкою, між ними залишається невеликий досить стабільний проміжок, що забезпечується потоками повітря. Будь-яка зміна нормальних умов роботи накопичувача Бернуллі (наприклад, через удар або появу плями забруднення на поверхні диска) викликається порушення ефекту Бернуллі і призводить до того, що диск відходить від головки, замість того, щоб зіткнутися з нею (як це б сталося на звичайному вінчестері). Завдяки цьому виключається можливість відмов накопичувача, оскільки диск, що обертається, практично не може зіткнутися з головкою. Тому диски Бернуллі найстійкіші. Сам накопичувач Бернуллі, хоча він є гнучким і на вигляд схожий на звичайну дискету, насправді може експлуатуватися до п'яти років у режимі зчитування/запису - тобто. характеризується у 20 разів більшою довговічністю, ніж дискета, - згідно з даними постачальника. Носій з барієво-феритовим покриттям не тільки дозволяє записувати дані з втричі вищою щільністю ніж носій із звичайних HDD накопичувачів або НГМД, але й відрізняється значно більшою стійкістю до зношування, ніж у звичайних дискет. Накопичувачі Бернуллі за швидкістю доступу не поступаються ряду накопичувачів, що широко використовуються, на жорстких дисках із середньою швидкодією. Так наприклад, накопичувач , Bernoulli230 має ємність однієї касети 230 Мб, вбудований кеш 256 Кб, інтерфейс SCSI-2 або IDE и час доступу 12 мс.

Накопичувач Zip

Недорогий засіб для переміщення даних і збільшення обсягу інформації, що зберігається (рис. 3). На змінних дисках міститься до 750 Мб інформації.

Накопичувач типу Jaz

Дозволяє зберігати на одному диску до 1 Гб даних (рис. 4).



Рис. 3 - Накопичувач Іomega ZIP



Рис. 4 - Накопичувач Іomega Jaz

Портативні накопичувачі на жорстких дисках

Поява на ринку портативних накопичувачів на жорстких дисках (Portable HDD), що працюють за швидкісним інтерфейсом USB (рис. 5), дозволило використовувати їх не тільки для перенесення даних, але і як зручний пристрій резервного копіювання. Простота підключення до комп'ютера та прийнятна швидкість роблять ці пристрої незамінними для резервного копіювання домашніх комп'ютерів та офісних робочих станцій.



Рис. 5 - Портативні накопичувачі на жорстких дисках

CD та DVD приводи

CD та DVD приводи з можливістю запису. Ємність CD-дисків до 800МБайт, DVD-дисків до 8,6 ГБайт (двошаровий двосторонній). Максимальна швидкість запису 56x ($x = 150\text{кбайт} / \text{с} \approx 8\text{Мбайт} / \text{с}$) для CD і 4x ($x = 1,32\text{Мбайт} / \text{с} \approx 5\text{Мбайт} / \text{с}$) для DVD. Першим серед форматів із одноразовим записом на світ з'явився DVD-R. Такі диски здатні читати практично всі існуючі автономні DVD-програвачі і DVD-ROM-дисководи, і, звичайно ж, всі приводи, що пишуть. На сьогоднішній день максимальна швидкість запису на DVD-R складає 4-х, а ціна носіїв найнижча серед усіх доступних модифікацій. DVD-RW — це формат багаторазового запису, що базується на технології DVD-R. Такі диски сумісні з більшістю доступних пристроїв для читання, хоча в деяких випадках для забезпечення сумісності може знадобитися оновлення мікропрограми.

У 2001 р. було розроблено конкуруючий стандарт DVD+RW, заснований на технології CD-RW. За сумісністю з існуючими плеєрами та дисководами він схожий з DVD-RW, проте через менший вік проблеми вірогідніші. У той же час, на відміну від DVD-RW, DVD+RW дозволяють виконувати форматування носія на ходу, заощаджуючи користувачеві до декількох хвилин, залежно від приводу.

Дисководи цього формату, що пишуть, на сьогоднішній день представлені двома поколіннями - перше здатне досягати швидкості запису 2,4x, а друге - 4x. "Плюсова" версія стандарту з одноразовим записом з'явилася зовсім недавно, але за сумісністю близька до DVD-R. Доступні DVD+R пристрої з двократною та чотирикратною швидкістю запису, однак для використання 4-швидкісних носіїв у 2-швидкісних приводах потрібне оновлення мікропрограми останніх. Дещо окремо від DVD±RW коштує формат DVD-RAM. Він мало поширений у Європі та не сумісний з більшістю пристроїв читання та запису, проте найбільш ефективний як DVD-формат із довільним доступом та активною модифікацією. DVD-RAM Type 2 у режимі запису можуть використовуватися лише усередині спеціальних картриджів. Для зручності ми звели дані про сумісність приводів та носіїв у табл. 1

Твердотільні накопичувачі SSD

SSD-диск є немеханічним запам'ятовуючим пристроєм, здатним зберігати інформацію за умови відсутності живлення. За допомогою флеш-накопичувача можна суттєво збільшити продуктивність ПК.

Такі накопичувачі є альтернативою HDD і використовуються як у мобільних, так і у стаціонарних комп'ютерах. Відмінною особливістю є наявність мікросхеми пам'яті та контролера, що керує, замість магнітної стрічки та металевих обертючих дисків.

У порівнянні з жорсткими дисками вони мають такі переваги:

- менша вага та габарити;
- беззвучність роботи;
- стійкість до механічних впливів;
- висока швидкість довільних операцій.

З характеристик SSD-накопичувачів варто виділити:

- обсяг пам'яті – 60 ГБ – 4 та більше ТБ;
- швидкість запису даних - 450-530 Мб/сек.;
- швидкість читання – 520-560 Мб/с.

Особливість SSD – обмежене допустиме кількість циклів запису. Як і HDD, флеш-пам'ять буває зовнішньою та внутрішньою. Зовнішня використовується як гігантська «флешка».

Таблиця 1 - Сумісність дисководів та дисків різних типів

Тип диска	Тип дисководу					
	DVD-ROM	DVD-R(G)	DVD-R(A)	DVD-RW	DVD-RAM	DVD+RW
DVD-ROM	Читає	Читає	Читає	Читає	Читає	Читає
DVD-R(G)	Зазвичай зчитує	Читає, пише	Читає	Читає, пише	Читає	Читає
DVD-R(A)	Зазвичай зчитує	Читає	Читає, пише	Читає	Читає	Читає
DVD-RW	Зазвичай зчитує	Читає	Читає	Читає, пише	Зазвичай читає	Зазвичай читає
DVD-RAM	Зрідка зчитує	Не зчитує	Не зчитує	Не зчитує	Читає, пише	Не зчитує
DVD+RW	Зазвичай зчитує	Зазвичай читає	Зазвичай читає	Зазвичай читає	Зазвичай читає	Читає, пише
DVD+R	Часто зчитує	Зазвичай читає	Зазвичай читає	Зазвичай читає	Читає	Читає, пише
CD-ROM	Читає	Читає	Читає	Читає	Читає	Читає
CD-R	Читає	Читає, пише	Читає	Читає, пише	Читає	Читає, пише
CD-RW	Читає	Читає, пише	Читає	Читає, пише	Читає	Читає, пише

Карти пам'яті

Flash-карта є енергонезалежною карткою пам'яті з можливістю перезаписування інформації та збереження її навіть при вимкненому живленні. Маючи вигляд чіпів, на яких біти зберігаються в осередках пам'яті, вона працює за принципом оперативної пам'яті. Однак назвати її повноцінною заміною не можна через обмежену тривалість експлуатації.

Читання з карти не призводить до зношування мікросхеми, на відміну від перезаписування, коли йде стирання попереднього запису. У сучасних флеш-картах заміна вмісту осередків може здійснюватися від 10 000 до 1 млн. разів.

Карти пам'яті також не можна порівнювати з жорсткими дисками через обмеження місткості інформації (максимально 1 ТБ, але доступними залишаються флешки до 256 ГБ).

Дискові масиви з надмірністю даних

Дискові масиви з надмірністю даних, які прийнято називати RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks – надлишковий масив дешевих дисків) були представлені дослідниками (Петтерсон, Гібсон та Катц) з Каліфорнійського університету в Берклі у 1987 р. З абревіатурою RAID свого часу трапився казус. Справа в тому, що дешевими дисками під час винаходу RAID називалися диски, які використовувалися у ПК, на

проти вагу недешевим дискам для мейнфреймів. Однак для використання в масивах RAID довелося використовувати досить недешеву апаратуру в порівнянні з іншими комплектуючими ПК, тому RAID почали розшифровувати як Redundant Array of Independent Disks - надмірний масив незалежних дисків.

RAID 0.

Дисковий масив без стійкості до відмов (Striped Disk Array without Fault Tolerance) - є дисковим масивом, в якому дані розбиваються на блоки, і кожен блок записується (або ж зчитується) на окремий диск (рис. 6). Таким чином, можна здійснювати кілька операцій введення-виведення одночасно.

Переваги:

- найвища продуктивність для додатків, які потребують інтенсивної обробки запитів вводу/виводу та даних великого обсягу;
- простота реалізації;
- низька вартість на одиницю обсягу.

Недоліки:

- невідмовостійке рішення;
- відмова одного диска спричиняє втрату всіх даних масиву.

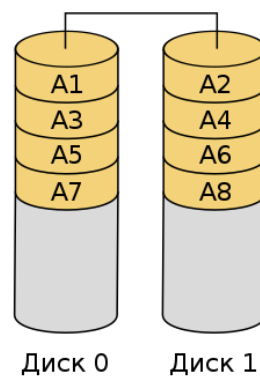


Рис. 6 - RAID 0. Дисковий масив без відмовостійкості (Striped Disk Array without Fault Tolerance)

RAID 1. Дисковий масив із дублюванням або дзеркалка (mirroring).

Дзеркалювання - традиційний спосіб підвищення надійності дискового масиву невеликого об'єму. У найпростішому варіанті використовується два диски, на які записується однакова інформація, і у разі відмови одного з них залишається дубль, який продовжує працювати в минулому режимі (рис. 7).

Переваги:

- простота реалізації;
- простота відновлення масиву у разі відмови (копіювання);
- досить висока швидкодія для додатків з великою інтенсивністю запитів.

Недоліки:

- висока вартість на одиницю обсягу - 100% надмірність;
- невисока швидкість передачі.

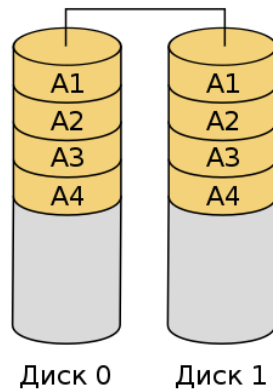


Рис. 7 - RAID 1. Дисковий масив із дублюванням або дзеркалюванням (mirroring)

RAID 2. Відмовостійкий дисковий масив із використанням коду Хеммінга (Hamming Code ECC).

Надмірне кодування, яке використовується в RAID 2, має назву коду Хеммінга. Код Хеммінга дозволяє виправляти поодинокі та виявляти подвійні несправності. Сьогодні активно використовується в технології кодування даних в оперативній пам'яті типу ECC та кодуванні даних на магнітних дисках. На рис. 8 показано приклад з фіксованою кількістю дисків у зв'язку з громіздкістю опису (слово даних складається з 4-біт, відповідно ECC код з 3-х).

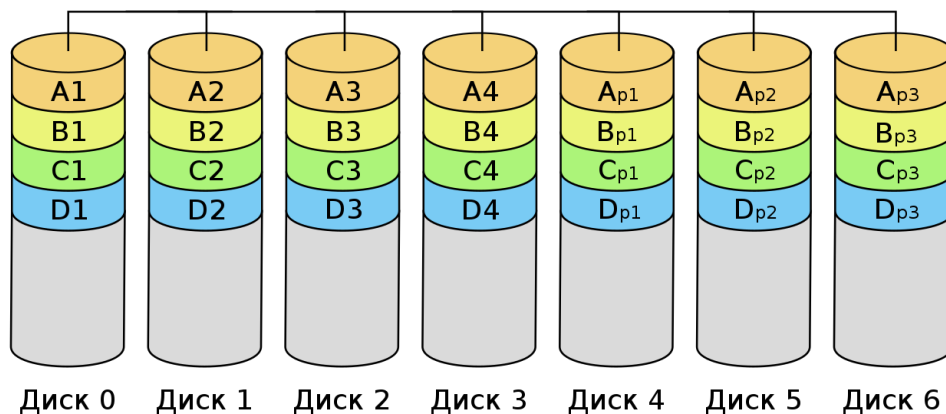


Рис. 8 - RAID 2. Відмовостійкий дисковий масив із використанням коду Хеммінга (Hamming Code ECC)

Переваги:

- швидка корекція помилок ("на льоту");
- дуже висока швидкість передачі великих обсягів;
- зі збільшенням кількості дисків, накладні витрати зменшуються;
- досить проста реалізація.

Недоліки:

- висока вартість при малій кількості дисків;
- низька швидкість обробки запитів (не підходить для систем орієнтованих на обробку транзакцій).

RAID 3. Відмовостійкий масив з паралельною передачею даних та парністю (Parallel Transfer Disks with Parity).

Дані у такому масиві розбиваються на підблоки на рівні байт і записуються одночасно на всі диски масиву, крім одного, який використовується для парності (рис. 9).

Використання RAID 3 вирішує проблему великої надмірності в RAID 2. Більшість контрольних дисків, які у RAID рівня 2, потрібні визначення положення несправного розряду. Але цього немає потреби, оскільки більшість контролерів може визначити, коли диск відмовив за допомогою спеціальних сигналів, або додаткового кодування інформації, записаної на диск і використовуваної для виправлення випадкових збоїв.

Переваги:

- дуже висока швидкість передачі;
- відмова диска мало впливає швидкість роботи масиву;
- малі накладні витрати для реалізації надмірності.

Недоліки:

- складна реалізація;
- низька продуктивність при великій інтенсивності запитів даних невеликого обсягу.

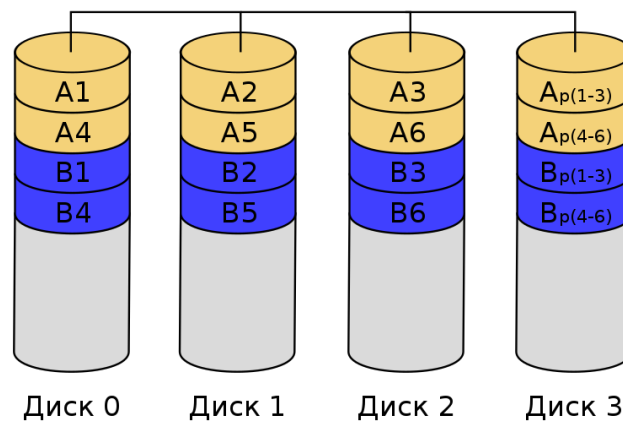


Рис. 9 - RAID 3. Відмовостійкий масив з паралельною передачею даних та парністю (Parallel Transfer Disks with Parity)

RAID 4. Відмовостійкий масив незалежних дисків з диском парності (Independent Data disks with shared Parity disk).

Дані у ньому розбиваються на блочному рівні. Кожен блок даних записується окремий диск і може бути прочитаний окремо (рис. 10). Парність для групи блоків генерується під час запису і перевіряється під час читання. RAID рівня 4 підвищує продуктивність передачі невеликих обсягів даних за рахунок паралелізму, даючи можливість виконувати більше одного звернення щодо введення/виводу одночасно. Головна відмінність між RAID 3 і 4 полягає в тому, що в останньому розшарування даних виконується на рівні секторів, а не на рівні бітів або байтів.

Переваги:

- висока швидкість читання даних великих обсягів;
- висока продуктивність при великій інтенсивності запитів читання даних;
- малі накладні витрати для реалізації надмірності.

Недоліки:

- досить складна реалізація;
- дуже низька продуктивність під час запису даних;
- складне відновлення даних;
- низька швидкість читання даних малого обсягу при поодиноких запитах;
- асиметричність швидкодії щодо читання та запису.

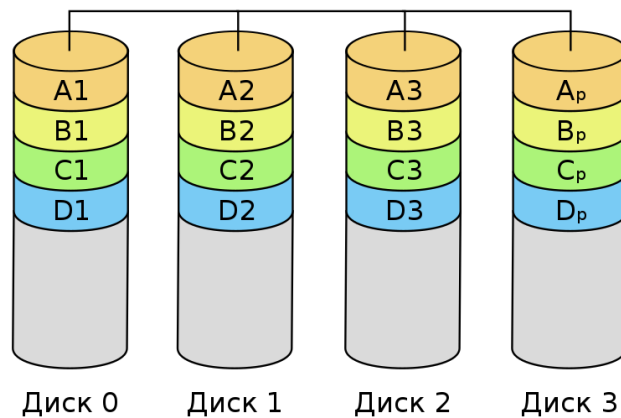


Рис. 10 - RAID 4. Відмовостійкий масив незалежних дисків з диском парності (Independent Data disks with shared Parity disk)

RAID 5. Відмовостійкий масив незалежних дисків з розподіленою парністю (Independent Data disks with distributed parity blocks).

Цей рівень схожий на RAID 4, але, на відміну від попереднього, парність розподіляється циклічно по всіх дисках масиву (рис. 11). Ця зміна дозволяє збільшити продуктивність запису невеликих обсягів даних багатозадачних системах. Якщо операції запису спланувати належним чином, то можливо паралельно обробляти до $N/2$ блоків, де N - число дисків у групі.

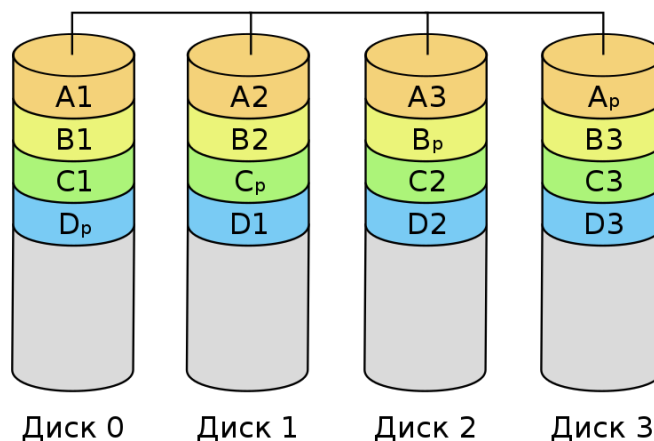


Рис. 11 - RAID 5. Відмовостійкий масив незалежних дисків з розподіленою парністю (Independent Data disks with distributed parity blocks)

Переваги:

- висока швидкість запису даних;
- досить висока швидкість читання даних;
- висока продуктивність при великій інтенсивності запитів читання/запису даних;
- малі накладні витрати для реалізації надмірності.

Недоліки:

- швидкість читання даних нижче, ніж у RAID 4;
- низька швидкість читання/запису даних малого обсягу при поодиноких запитах;
- досить складна реалізація;
- складне відновлення даних.

RAID 6. Відмовостійкий масив незалежних дисків із двома незалежними розподіленими схемами парності (Independent Data disks with two independent distributed parity schemes).

Дані розбиваються на блочному рівні, аналогічно RAID 5, але на додаток до попередньої архітектури використовується друга схема для підвищення стійкості до відмов (рис. 12). Ця архітектура є стійкою до подвійних відмов. Однак при виконанні логічного запису реально відбувається шість звернень до диска, що збільшує час обробки одного запиту.

Переваги:

- висока відмовостійкість;
- досить висока швидкість обробки запитів;
- досить малі накладні витрати для реалізації надмірності.

Недоліки:

- дуже складна реалізація;
- складне відновлення даних;
- дуже низька швидкість запису даних.

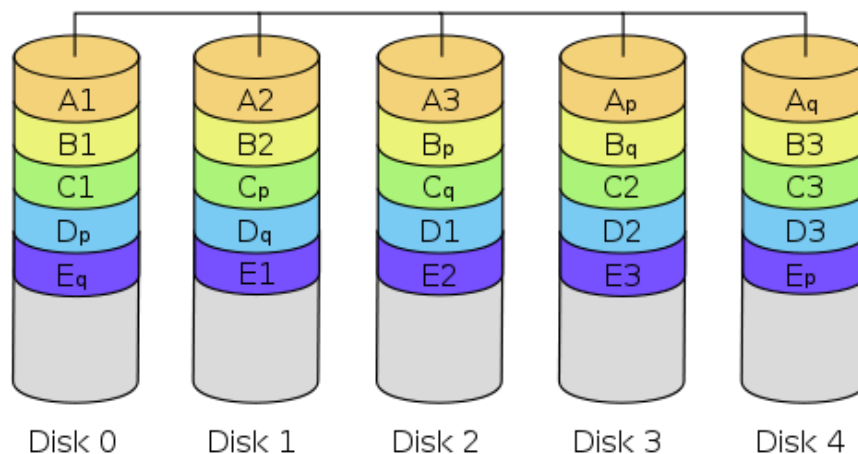


Рис. 12 - RAID 6. Відмовостійкий масив незалежних дисків з двома незалежними розподіленими схемами парності

Сучасні RAID контролери дозволяють комбінувати різні рівні RAID. Таким чином, можна реалізувати системи, які поєднують у собі переваги різних рівнів, а також системи з великою кількістю дисків. Зазвичай це комбінація нульового рівня (stripping) та будь-якого відмовостійкого рівня.

RAID 10. Відмовостійкий масив з дублюванням та паралельною обробкою.

Ця архітектура є масивом типу RAID 0, сегментами якого є масиви RAID 1 (рис. 13). Він поєднує в собі дуже високу відмовостійкість і продуктивність.

Переваги:

- висока відмовостійкість;
- висока продуктивність.

Недоліки:

- дуже висока вартість;
- обмежене масштабування.

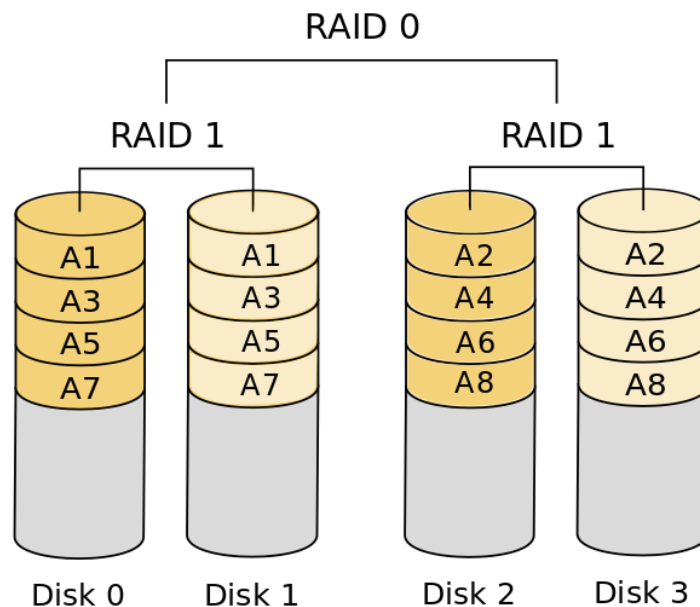


Рис. 13 - RAID 10. Відмовостійкий масив з дублюванням та паралельною обробкою

RAID 30. Відмовостійкий масив з паралельною передачею даних та підвищеною продуктивністю.

Є масивом типу RAID 0, сегментами якого є масиви RAID 3 (рис. 14). Він поєднує в собі відмовостійкість і високу продуктивність. Зазвичай використовується додатків потребують послідовної передачі великих обсягів.

Переваги:

- висока відмовостійкість;
- висока продуктивність.

Недоліки:

- висока вартість;
- обмежене масштабування.

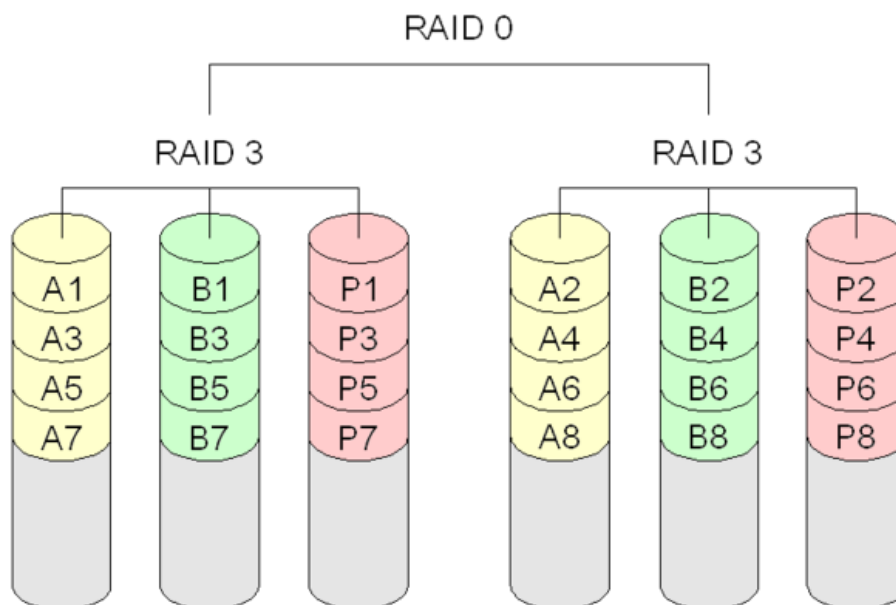


Рис. 14 - RAID 30. Відмовостійкий масив з паралельною передачею даних та підвищеною продуктивністю

RAID 50. Відмовостійкий масив з розподіленою парністю та підвищеною продуктивністю.

Є масивом типу RAID 0, сегментами якого є масиви RAID 5 (рис. 15). Він поєднує в собі відмовостійкість і високу продуктивність для додатків з великою інтенсивністю запитів і високу швидкість передачі даних.

Переваги:

- висока відмовостійкість;
- висока швидкість передачі даних;
- висока швидкість обробки запитів.

Недоліки:

- висока вартість;
- обмежене масштабування.

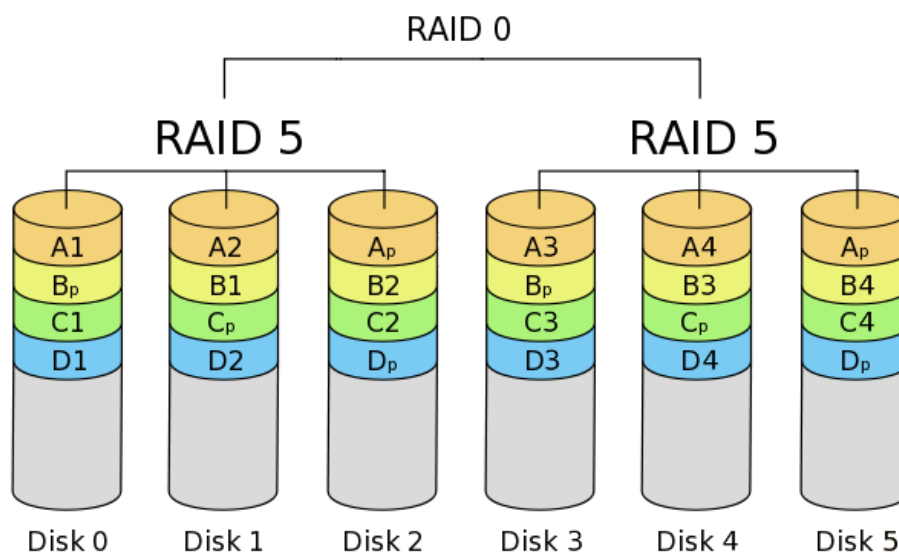


Рис. 15 - Відмовостійкий масив з розподіленою парністю та підвищеною продуктивністю

RAID 7. Відмовостійкий масив, оптимізований для підвищення продуктивності (рис. 16). (Optimized Asynchrony для High I/O Rates як добре як High Data Transfer Rates).

RAID 7® є зареєстрованою торговою маркою Storage Computer Corporation (SCC). Для розуміння архітектури RAID 7 розглянемо її особливості:

- всі запити на передачу даних обробляються асинхронно та незалежно.
- всі операції читання/запису кешуються через високошвидкісну шину x-bus.
- диск парності може бути розміщений будь-якому каналі.
- у мікропроцесорі контролера масиву використовується операційна система реального часу, орієнтована на обробку процесів.
- система має хорошу масштабованість: до 12-ти host-інтерфейсів, і до 48 дисків.
- операційна система контролює комунікаційні канали.
- використовуються стандартні SCSI диски, шини, материнські плати та модулі пам'яті.
- використовується високошвидкісна шина X-bus для роботи із внутрішньою кеш пам'яттю.
- процедура створення парності інтегрована в кеш.
- диски, приєднані до системи, можуть бути задекларовані як окремі.
- для керування та моніторингу системи можна використовувати SNMP агент.

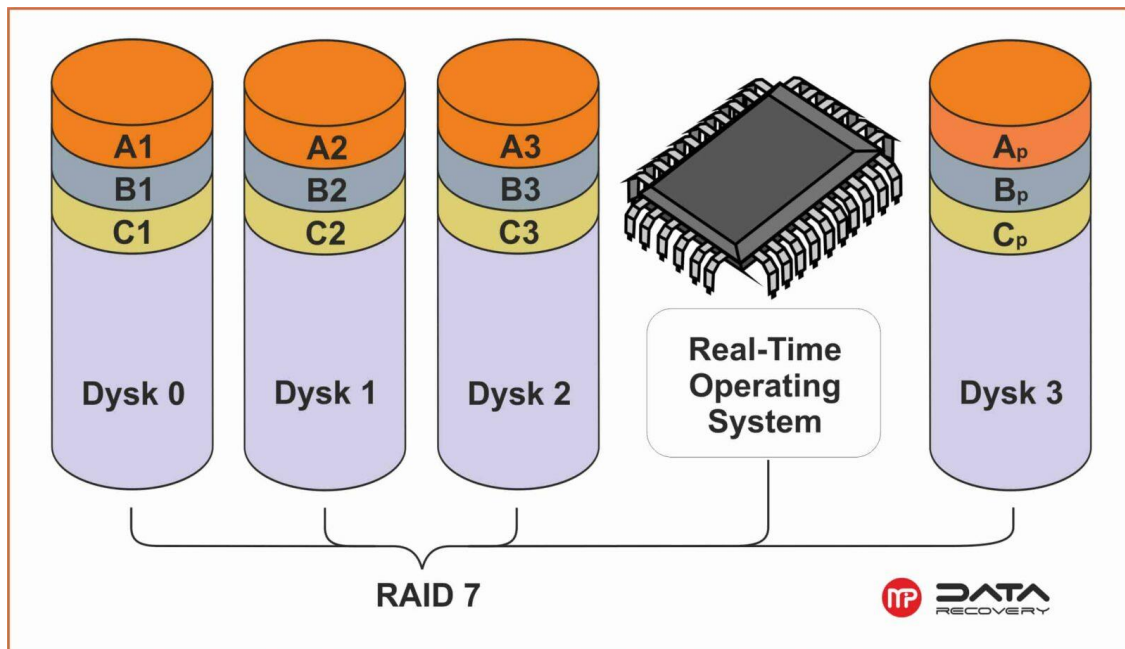


Рис. 16 - Відмовостійкий масив, оптимізований для підвищення продуктивності

Переваги:

- висока швидкість передачі даних і висока швидкість обробки запитів (1.5 - 6 разів вище за інші стандартні рівні RAID);
- висока масштабованість хост інтерфейсів;
- швидкість запису даних збільшується зі збільшенням кількості дисків у масиві;
- для обчислення парності немає необхідності додаткової передачі даних.

Недоліки:

- власність одного виробника;
- дуже висока вартість одиницю обсягу;
- короткий гарантійний термін;
- не може обслуговуватись користувачем;
- потрібно використовувати блок безперебійного живлення для запобігання втрати даних із кеш пам'яті.

Існує три основні варіанти реалізації RAID систем:

- Програмна (software-based);
- апаратна – шинно-орієнтована (bus-based);
- Апаратна - автономна підсистема (subsystem-based).

Головна перевага програмної реалізації – низька вартість. Але при цьому вона має багато недоліків: низьку продуктивність, завантаження додатковою роботою центрального процесора, збільшення шинного трафіку.

Програмно зазвичай реалізують прості рівні RAID – 0 та 1, оскільки вони не вимагають значних обчислень. З огляду на ці особливості RAID системи з програмною реалізацією використовуються в серверах початкового рівня.

Апаратні реалізації RAID відповідно коштують більше ніж програмні, оскільки використовують додаткову апаратуру для виконання операцій виводу. При цьому вони розвантажують або звільняють центральний процесор та системну шину і, відповідно, дозволяють збільшити швидкодію.

Таблиця 2 - Порівняння характеристик рівнів RAID

RAID	Мінімум дисків	Потреба дисків	Відмовостійкість	Швидкість передачі даних	Інтенсивність обробки запитів	Практичне використання
0	2	N	< 1 диск	< RAID 3	дуже висока до Nx1 диск	графіка, відео
1	2	2N*	< RAID 6	R>1 диск W=1 диск	до 2x1 диск W=1 диск	малі файл-сервери
2	7	$2N < X < N + 1$	< RAID 1	~ RAID 3	низька	мейнфрейми
3	3	N+1	< RAID 1	< RAID 7	низька	графіка, відео
4	3	N+1	< RAID 1	R<RAID3 W<RAID5	R=RAID0 W << 1 диск	файл-сервери
5	3	N+1	< RAID 1	R<RAID4 W<RAID3	R=RAID0 W<1 диск	сервери баз даних
6	4	N+2	сама висока	низька	R>1 диск W<RAID4	використовується вкрай зрідка
7	12	N+1	< RAID 1	якнайвища	якнайвища	різні типи додатків

Шинно-орієнтовані реалізації є RAID контролерами, які використовують швидкісну шину комп'ютера, в який вони встановлюються (останнім часом зазвичай використовується шина PCI). У свою чергу шинно-орієнтовані реалізації можна поділити на низькорівневі та високорівневі. Перші зазвичай не мають SCSI чіпів і використовують так званий RAID порт на материнській платі з вбудованим контролером SCSI. При цьому функції обробки коду RAID та операцій введення/виводу розподіляються між процесором на RAID контролері та чіпами SCSI на материнській платі. Таким чином, центральний процесор звільняється від обробки додаткового коду і зменшується трафік шини в порівнянні з програмним варіантом. Вартість таких плат зазвичай невелика, особливо якщо вони орієнтовані на системи RAID - 0 або 1 (є також реалізації RAID 3,5,10,30, 50, але вони дорожчі), завдяки чому вони потроху витісняють програмні продажі з ринку серверів початкового рівня. Високорівневі контролери з шинною реалізацією мають дещо іншу структуру, ніж молодші брати. Вони беруть на себе всі функції, пов'язані з вводом/виводом і виконанням RAID коду. Крім того, вони не такі залежні від реалізації материнської плати і, як правило, мають більше можливостей (наприклад, можливість підключення модуля для зберігання інформації в кеш у разі відмови материнської плати або зникнення живлення). Такі контролери зазвичай коштують дорожче за

низькорівневі і використовуються в серверах середнього і високого рівня. Вони зазвичай реалізують RAID рівнів 0,1,3,5,10,30,50. Враховуючи те, що шинно-орієнтовані реалізації підключаються прямо до внутрішньої PCI шини комп'ютера,

Разом із перерахованими перевагами шинно-орієнтована архітектура має такі недоліки:

- залежність від операційної системи та платформи;
- обмежена масштабованість;
- обмежені можливості щодо організації відмовостійких систем.

Усіх цих недоліків можна уникнути, використовуючи автономні підсистеми. Ці системи мають повністю автономну зовнішню організацію й у принципі є окремий комп'ютер, який використовується організації систем зберігання інформації. Крім того, у разі розвитку технології оптоволоконних каналів швидкодія автономних систем ні в чому не поступатиметься шинно-орієнтованим системам. Зазвичай зовнішній контролер ставиться в окрему стійку і, на відміну від систем з шинною організацією, може мати велику кількість каналів вводу/виводу, у тому числі й хост-каналів, що дає можливість підключати до системи кілька хост-комп'ютерів та організовувати кластерні системи. У системах з автономним контролером можна реалізувати гаряче резервування контролерів. Одним із недоліків автономних систем залишається їхня велика вартість.