

گزارش تحقیق در مورد تکنولوژی RAID و انواع مختلف آن

تهیه و تنظیم: مبین خیبری

شماره دانشجویی: 994421017

استاد راهنما: دکتر میرسامان تاجبخش

چکیده:

هدف از این تحقیق، آشنایی بیشتر با تکنولوژی RAID و انواع مختلف آن است. به همین منظور قصد داریم در گزارش پیش رو با مزایا و معایب این تکنولوژی آشنا شده، شیوهی ذخیره سازی داده ها در شبکه به کمک این تکنولوژی را بررسی کرده و نیز درباره ی تدابیر اندیشیده شده در طراحی این تکنولوژی جهت مقابله با از بین رفتن داده ها غور و تفحص کنیم.

در ادامه، ابتدا نگاهی گذرا به تاریخچه ی ظهور و پیدایش این تکنولوژی انداخته و سپس به کمک تعاریف دقیق علمی، جنبه های مختلف استفاده از آن را بررسی خواهیم کرد. بخش عمده ی این مطالب، برگرفته شده از مقالات منتشر شده در تعدادی از وبسایت های علمی و دقیق در سطح اینترنت هستند. اما متن گزارش تماما به زبان فارسی و با وفاداری به متون اصلی تهیه و تدوین شده است.

تاریخچه ی تکنولوژی RAID

اصطلاح RAID که بیانگر Redundant Array of Inexpensive Disks است، در سال ۱۹۸۷ توسط سه دانشمند در عرصه کامپیوتر با نام های دیوید پترسون و رندی کتز و گارث آلن گیبسون، مطرح شد. ایده این سه نوآور در مقاله ای که در سال ۱۹۸۸ برای بنیاد SIGMOD تهیه کردند این بود که با داشتن آرایه ای از دیسک های ارزان قیمت، می توان به کارایی دیسک های High level دست یافت. با استفاده از افزونگی یا Redundancy، آرایه رید از یک تک دیسک، قابل اطمینان تر است. برای اولین بار، این مقاله نامی بر مفهوم استفاده از دیسک افزونه نهاد که قبلا هم توسط افراد دیگر مطرح شده بود.

Gus German و Ted Grunau از شرکت Geac Computer Corp برای اولین بار به چنین ایده ای تحت عنوان MF-100 اشاره کرده بودند. Norman Ken Ouchi از IBM هم در سال ۱۹۷۷، تکنولوژی که بعدها به عنوان RAID 4 شناخته شد، به ثبت رسانده بود. در سال ۱۹۸۳ شرکت Digital Equipment Corp درایوهایی را وارد بازار کرد که RAID 1 بودند و در سال ۱۹۸۶، IBM بار دیگر اختراعی را به ثبت رساند که عنوان RAID 5 را پیدا کرد. و در نهایت پترسون و کتز و گیبسون با توجه به آنچه که شرکت های چون Tandem Computers و Thinking Machines و Maxstor انجام داده بودند، موفق به آرایه رده بندی RAID خود شدند.

زمانی که در سال ۱۹۸۸ سطوح و انواع RAID لیست شد و بر تکنولوژی‌هایی که قبلاً هم استفاده شده بود نامی نهاده شد، تکنولوژی محبوبی ایجاد شد که دست تولیدکنندگان عرصه ذخیره سازی داده را برای تولید محصولات بیشتری در زمینه RAID باز گذاشت.

چیزی نگذشت که تولیدکنندگان، کلمه Independent را جایگزین کلمه Inexpensive که بیانگر قیمت کم بود، کردند. RAID هم اکنون از جمله تکنولوژی‌های محبوب و پرتعداد در دنیاست.

RAID چیست؟

RAID مخفف و برگرفته از عبارت Redundant Array of Independent Disks و به معنای آرایه‌ای افزونه از دیسک‌های مستقل و مجزا است. تکنولوژی RAID در واقع تکنولوژی مجازی سازی ذخیره دیتا است. عملکرد رید چگونه است؟ در رید، چند هارد درایو فیزیکی با هم ترکیب می‌شوند و یک یا چند واحد لاجیکال و منطقی ایجاد می‌کنند. جمله ساده تر تعریف رید این می‌شود که داده و اطلاعات را بین چند هاردی که با هم رید بسته شده‌اند توزیع کنیم که البته سیستم عامل، این هاردهای RAID شده را به عنوان یک هارد واحد شناسایی خواهد کرد.

پس RAID یعنی روشی برای گروه بندی درایوهای فیزیکی مجزا در یک درایو بزرگتر که در مجموع RAID نامیده می‌شود. در این شرایط، سرور می‌تواند همزمان بین چندین درایو، خواندن و نوشتن را انجام دهد و کارایی در درایوهای رید شده بهتر است.

پس از معرفی RAID Controller و بررسی انواع رید و مزایا و معایب هر نوع RAID، به این می‌پردازیم که RAID و ریدبندی هارد چه مزایا و چه معایبی دارد. و در نهایت آینده RAID چیست، RAID و SSD را با هم مقایسه کرده‌ایم و به پیاده سازی آن را اشاره ای کرده‌ایم.

رید کنترلر (RAID controller) چیست؟

رید کنترلر دستگاهی است که برای مدیریت هارد درایوها در آرایه ذخیره سازی استفاده می‌شود. در واقع لایه انتزاعی بین سیستم عامل و دیسک‌های فیزیکی است که گروه دیسک‌ها را به صورت واحدهای لاجیکال نمایش می‌دهد. کنترلر RAID برای بهبود کارایی استفاده می‌شود و در هنگام رخداد خرابی، از دیتا و اطلاعات محافظت می‌کند.

رید کنترلر می‌تواند هم مبنای سخت افزاری داشته باشد و هم مبنای نرم افزاری. در رید مبتنی بر سخت افزار، کنترلر فیزیکی، مدیریت آرایه را انجام می‌دهد. این رید کنترلر فیزیکی حتی می‌تواند روی مادربرد سرور هم قرار گرفته باشد. کنترلر می‌تواند از فرمت‌های SATA و SCSI پشتیبانی کند.

در رید مبتنی بر نرم افزار، کنترلر می‌تواند از منابع سیستم سخت افزاری مانند CPU و رم استفاده کند. عملکرد رید نرم افزاری همانند رید سخت افزاری است اما کارایی و سرعت کمتری دارد و ممکن است روی کارایی دیگر اپلیکیشن‌های سرور هم تاثیر گذارد.

رید نرم افزاری ممکن است با سیستم سازگار نباشد و رید سخت افزاری هزینه زیادی دارد.

رید مبتنی بر درایور یا Firmware، هم راه دیگری است.

چیپ کنترلر رید مبتنی بر درایور یا Firmware، روی مادربرد قرار دارد و همانند رید نرم افزاری از CPU استفاده می کند. با فریمور، سیستم رید فقط در آغاز پروسه بوت اجرا می شود. هر بار که سیستم عامل لود می شود درایور کنترلر کار رید را انجام می دهد. کنترلر رید مبتنی بر درایور یا Firmware، گران نیست اما روی سی پی یو تاثیرگذار است. نام های دیگر این مدل رید، hardware-assisted software RAID و hybrid model RAID و fake RAID است.

نکته مهم این است که تمام آرایه های ذخیره سازی یا برندهای مختلف کارت RAID Controller، از تمام انواع RAID پشتیبانی نمی کنند. قبل از خرید سیستم ذخیره سازی و کنترلر رید، باید نیازهای سازمان تان را در زمینه حفاظت از داده، ریکاوری و بازیابی، و کارایی اپلیکیشن ها مشخص کنید. حتی استفاده از مشاوران خوب و ماهر در این زمینه پیشنهاد می شود.

تکنولوژی های ذخیره داده در RAID

روش striping یا نواری در رید: در تکنیک نواری، دیتا به بلاک هایی مساوی تقسیم می شود و سپس این Block های داده به صورت یک به یک در RAID قرار می گیرند. یعنی پارتیشن های Striping روی چند هارد قرار می گیرند.

سیستم های ذخیره سازی این تکنیک را به روش های مختلفی انجام می دهند: در سطح بایت یا بلاک یا پارتیشن. حتی داده می تواند روی همه یا بخشی از دیسک های یک کلاستر، Stripe شود. مثلاً استوریج با ده هارد دیسک می تواند بلاک های ۶۴ کیلوبایتی را روی دیسک اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم، Stripe کند و دوباره به دیسک اول بازگردد. سیستمی دیگر دیتاهای یک مگابایتی را رو هر یک از ده دیسک ذخیره می کند و دوباره به دیسک اول بازگشته و این فرآیند ادامه دارد.

روش mirroring یا آینه ای در رید: در تکنیک آینه ای، نسخه های یکسانی از داده هر هارد، روی هارد دیگر موجود در رید قرار می گیرند. یعنی داده های یکسانی روی بیش از یک هارد وجود دارد.

تکنیک parity یا افزونه در رید: در روش parity، دیتا مانند روش نواری به بلاک های یکسان تقسیم و به طور همزمان و با استفاده از تکنیک checksum در RAID ذخیره می شوند. در این تکنیک از تابعی استفاده می شود که هنگام بروز خرابی در یک هارد، بلاک از بین رفته را به کمک چکسام دوباره محاسبه می کند.

امکان ترکیب این سه روش ذخیره سازی در رید وجود دارد و می توانید بر اساس نیازتان در امنیت و کارایی، از ترکیب آنها استفاده کنید.

انواع RAID و مقایسه سطوح مختلف رید بندی

برای توزیع داده روی هارد دیسک ها چندین روش وجود دارد که هر یک افزونگی و کارایی خاص خودش را دارد. شما بر اساس سطح نیازتان به کارایی و Redundancy، سطح رید یا RAID Level ای که مناسبتان است را انتخاب و پیاده سازی کنید. یادتان باشد برای پیاده سازی RAID از متخصصین مجرب کمک بگیرید.

ویژگی های انواع RAID

انواع رید که سطوح مختلف RAID را به وجود می آورند تفاوت هایی دارند که به دلیل ویژگی هایی است که هر نوع رید دارد. در ادامه این ویژگی ها را معرفی می کنیم:

1. **تحمل پذیری خطا یا Fault Tolerance:** در صورت بروز خطا در یک یا چند هارد، چقدر مقاومت انجام می شود و اطلاعات از بین نمی رود یعنی اگر هارد یا هاردهایی Fail و خراب شدند، فقدان داده یا Data Loss نداریم.
2. **کارایی یا Performance:** تامین افزونگی و Redundancy برای هاردها و افزایش کارایی از جمله اهداف استفاده از RAID در سیستم های ذخیره سازی اطلاعات است.
3. **ظرفیت یا Capacity:** تعداد هارد دیسک هایی که در RAID ترکیب می شوند و نوع اتصال آنها به هم در رید، باعث می شود ظرفیت های مختلفی ارائه شود.

به طور کلی سه دسته مختلف برای سطوح رید تعریف شد که به صورت زیر است:

1. **Standard RAID**

2. **Nested RAID**

3. **Nonstandard RAID**

در ادامه به طور مفصل به هر یک از این سه دسته می پردازیم.

انواع رید استاندارد یا Standard RAID Levels

مرجع اصلی که RAID را معرفی کرده است هفت سطح مختلف RAID را در نظر گرفته که از RAID 0 تا RAID 6 را شامل می شود. پس عددی که بعد از کلمه RAID می آید بیانگر نسخه و نوع رید است.

RAID 0 چیست؟

RAID 0 دارای پیکربندی Striping یا نواری است به همین دلیل RAID 0 به نام Striping یا نواری نیز شناخته می شود. بهترین کارایی را دارد، افزونگی دیتا ندارد و Fault Tolerance هم ندارد و ضریب خطای

آن صفر است. برای تنظیم این نوع RAID به حداقل ۲ هارد دیسک نیاز است. در بین تمام RAID ها سریع‌ترین نوع محسوب می‌شود.

RAID 0 اطلاعات را به قسمت‌های مساوی به نام Stripe یا Chunk (نواری و قطعه قطعه) تقسیم کرده و هر قسمت را روی یک هارد ذخیره می‌کند یعنی بین مجموعه هاردهای موجود در آرایه توزیع و ذخیره می‌کند که این دستگاه‌ها می‌تواند SSD یا هارد دیسک های آرایه رید باشد.

مزایای RAID 0

در این بخش به بررسی مزایای RAID 0 می‌پردازیم:

1. مهم‌ترین مزیت RAID 0 و Disk Striping افزایش کارایی است. مثلاً استرایپ کردن داده روی سه عدد دیسک، نسبت به حالت تک دیسک، پهنای باند را سه برابر می‌کند. اگر عملیات ورودی و خروجی هر دیسک در ثانیه، ۲۰۰ باشد، Disk Striping آن را به ۶۰۰ IOPS می‌رساند.
2. چون در تکنیک Striping، داده روی چند هارد فیزیکی ذخیره می‌شود، چند دیسک به محتوای فایل دسترسی دارند پس خواندن ها و نوشتن ها بسیار سریع انجام می‌شود. زیرا باعث می‌شود همزمان چندین هد کار کند و در نتیجه کارایی افزایش می‌یابد.
3. نداشتن پریپی باعث می‌شود از تمام فضای دیسک بتوانیم استفاده کنیم.
4. پیاده سازی RAID 0 بسیار آسان است و تمام کنترلرهای سخت افزاری از آن پشتیبانی می‌کنند.
5. ارزان ترین نوع رید، RAID 0 است.

معایب RAID 0

در این بخش به بررسی معایب RAID 0 می‌پردازیم:

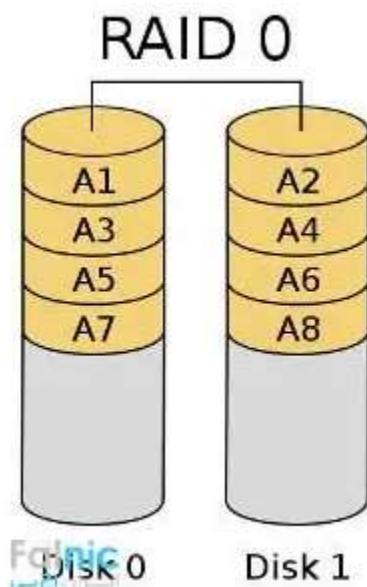
1. افزونگی یا Redundancy ندارد در صورتی که یک درایو فیزیکی در مجموعه دیسک های استرایپ شده خراب شود، فقدان داده یا Data Loss در Striped Unit رخ می‌دهد. به همین ترتیب، تمام داده ذخیره شده روی هارد دیسک های استرایپ شده از بین می‌رود. پس RAID 0 اصلاً گزینه مناسبی برای کارهای حساس و مهم و Mission-Critical نیست.
2. RAID 0 بر خلاف ریدهای دیگر، پریپی ندارد پس تکنیک نواری بدون پریپی به معنای نداشتن افزونگی و Fault Tolerance است. پس اگر هاردی خراب شود، تمام دیتا های آن هارد از بین می‌رود.
3. Resiliency در RAID 0 پایین است.

کاربرد RAID 0 چیست؟

با توجه به آنچه گفتیم، RAID 0 برای ذخیره داده‌هایی که حساس و مهم نیستند و سرعت بالا در خواندن و نوشتن نیاز دارند، مناسب است مثل live streaming video و ادیت ویدئو که کارایی و سرعت مطرح است.

یکی دیگر از کاربردهای RAID 0 این است که Striping بدون ریداندنسی برای داده‌های موقتی، فضای چرک نویس فراهم می‌کند. همچنین در مواردی که کپی اصلی از داده موجود است و به راحتی از دستگاه‌های استوریج دیگر قابل ریکاوری است می‌توان از RAID 0 را استفاده کرد.

RAID 0 سریع‌ترین رید است و حداقل ۲ هارددیسک نیاز دارد.



RAID 1 چیست؟

RAID 1 دارای پیکربندی Mirroring است و Striping ندارد به همین دلیل RAID 1 به نام Mirror یا آینه‌ای نیز شناخته می‌شود. حداقل دو هارد دیسک لازم دارد تا داپلیکیت دیتا را فراهم کند. کارایی خواندن بالاست زیرا از هر دو دیسک همزمان می‌تواند بخواند. کارایی نوشتن همانند نوشتن روی یک هارد دیسک است: توجه دارید که نوشتن، دو بار و روی دو دیسک انجام می‌شود و در نتیجه کارایی نوشتن از کارایی خواندن پایین تر است.

RAID 1 حداقل به ۲ هارددیسک برای راه‌اندازی نیاز دارد و تعداد هارددیسک‌ها باید زوج باشد. در این مدل، ثبت اطلاعات روی هر دو دیسک انجام می‌شود بدین گونه که دیتا روی یک هارددیسک ذخیره می‌شود و سپس همان دیتا روی هارددیسک دیگری نوشته می‌شود. به عنوان مثال اگر ۴ هارددیسک را با این روش RAID کنیم، دو هارددیسک، کپی دیتای دو هارددیسک دیگر می‌شود.

RAID 1 را در SSD ها هم می‌توان استفاده کرد.

مزایا و معایب RAID 1

مزایای RAID 1 به شرح زیر است:

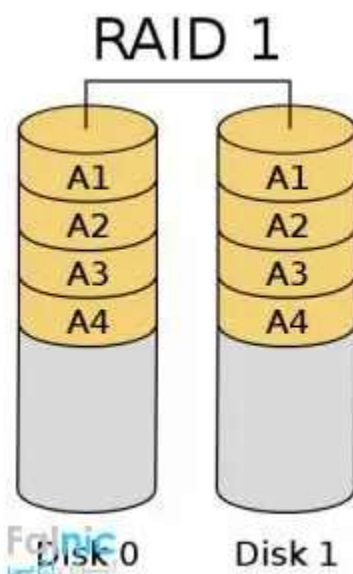
1. داشتن ریداندنسی از مزایای RAID 1 است. این مدل ذخیره سازی دیتا باعث می شود اگر نصف تعداد هارد دیسک ها از بین برود سیستم بدون وقفه بتواند کار سرویس دهی خود را انجام دهد. ولی ایراد آن این است که نصف فضای مفید ذخیره سازی را از دست خواهیم داد.
2. از مزایای RAID 1 فراهم شدن سناریوهای Disaster Recovery است زیرا برای اپلیکیشن های Mission Critical، بلافاصله بکاپ را فراهم می کند. پس در صورت خرابی یک هارد، اپلیکیشن ها و سیستم عامل به نسخه بکاپ، رپلیکیت (Replicate) می شوند.
3. خواندن همزمان از تمام درایوها سرعت را بی نهایت افزایش می دهد.
4. دسترس پذیری بالا و سرعت ریکاوری بالا از مزایای RAID 1 است.
5. شباهت RAID 0 و RAID 1 در این است که کارایی در هر دو بالاست اما سرعت خواندن و نوشتن در RAID 1 به پای RAID 0 نمی رسد.
6. مهم ترین عیب RAID 1 این است که نیمی از فضای ذخیره سازی را از دست می دهیم. در واقع روشی گران قیمت است و تعداد محدودی سازمان های انترپرایزی و بزرگ از آن استفاده می کنند. فضای مفید برای ذخیره دیتا در RAID 1 از RAID 5 و RAID 6 کمتر است. اما سرعت ریکاوری در RAID 5 و RAID 6 از RAID 1 پایین تر است.

کاربرد RAID 1 چیست؟

کاربرد RAID 1 در محیط هایی است که به کارایی بالا و دسترس پذیری بالا نیاز است مانند اپلیکیشن های Transactional و سیستم عامل ها و ایمیل ها. RAID 1 همچنین در اپلیکیشن هایی که خواندن بسیار سریعی لازم دارند مناسب است. اگر درایوهای اصلی آرایه خراب شود، ترافیک به درایوهای ثانویه یا میزبان شده و بکاپ شده سوئیچ می کند.

یکی دیگر از کاربردهای RAID 1 استفاده از آرشیو داده است یعنی جایی که از دست رفتن اطلاعات، غیرقابل قبول است.

RAID 1 حداقل ۲ هارددیسک نیاز دارد و تعداد هاردها باید زوج باشد.



RAID 1 یا Mirroring Raid یک نسخه از اطلاعات به صورت کامل روی یک یا دو دیسک ذخیره می‌شود.

RAID 2 چیست؟

RAID 2 دارای پیکربندی Striping است و برخی دیسک‌ها اطلاعات ECC یا Error Checking and Correcting را ذخیره می‌کنند. یعنی برای تامین امنیت داده از ECC استفاده می‌کند. همچنین از Hamming Code Parity استفاده می‌کند که فرم خطی از کد اصلاح خطاست.

کارایی و انعطاف پذیری و قابلیت اطمینان آن از RAID 5 و RAID 6 کمتر است. RAID 2 هیچ مزیتی نسبت به RAID 3 ندارد و چون امروزه کدهای اصلاح خطا در هارد درایوها از کد همینگ استفاده می‌کنند، استفاده از RAID 2 منسوخ شده است.

RAID 3 چیست؟

RAID 3 عملاً کاربرد زیادی ندارد و از Byte Level striping و یک هارد دیسک مختص به پربیتی استفاده می‌کند؛ یک هارد دیسک را به ذخیره اطلاعات پربیتی اختصاص می‌دهد. رید ۳ نمی‌تواند پاسخگوی چندین درخواست همزمان باشد چون اطلاعات پربیتی روی دیسک جداگانه قرار می‌گیرد و بلاک داده بین تمام

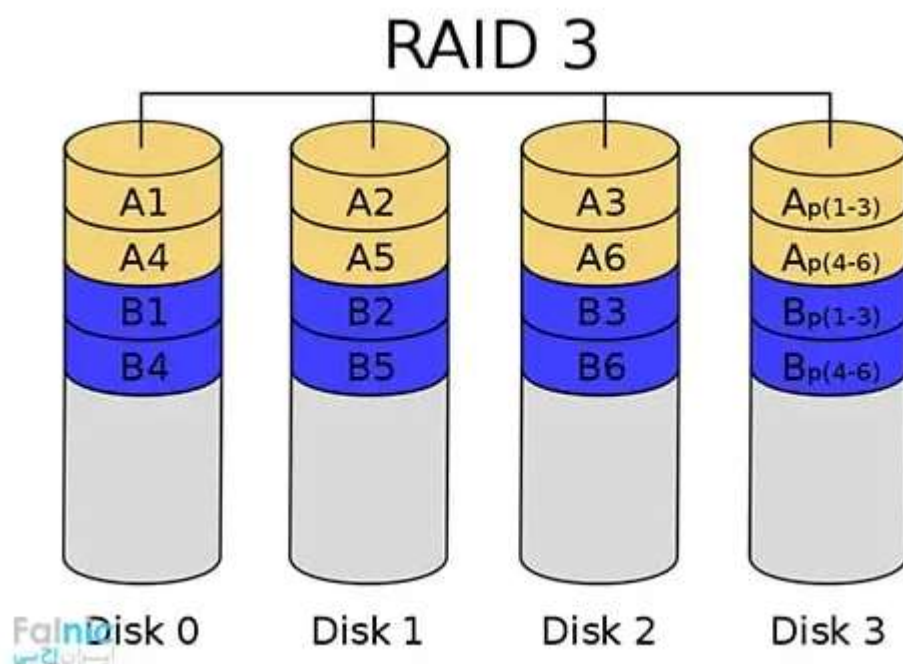
هارد ها تقسیم شده و روی هر هارد، روی مکان فیزیکی یکسان قرار می گیرد. پس در هر عملیات I/O باید روی همه دیسک ها کار انجام شود و معمولا هم نیاز به همگام سازی Spindle است.

بدین ترتیب تسک هایی با تعداد زیادی درخواست دیتای کوچک (خواندن و نوشتن کوچک) به خوبی انجام نمی شود. در عوض برای اپلیکیشن هایی که انتقال دیتای طولانی و تناوبی (Sequential) دارند، انتخاب بهتری است. RAID 3 در Streaming Media و ادیت ویدئوی غیرفشرده و گرافیک بسیار مناسب است. یعنی در کل برای کارهایی که به دیتا ترنسفر بالا با long sequential reads and writes نیاز است انتخاب خوبی است.

اطلاعات ECC به صورت تعبیه شده است تا خطاها را تشخیص دهد. فرآیند دیتا ریکاوری با محاسبه اطلاعات ثبت شده روی دیگر درایوها انجام می شود. عملیات I/O همزمان روی همه درایوها انجام می شود و RAID 3 نمی تواند I/O را به صورت Overlap و هم پوشی انجام دهد و دقیقا به همین دلیل برای سیستم های تک کاربره که اپلیکیشن هایی با رکوردهای بلند دارند مناسب است.

RAID 3 مشابه RAID 5 است اما بلاک روی هاردها توزیع می شود و پ리티 روی یک هارد قرار می گیرد و توزیع نمی شود. Random Write Performance بسیار پایین است ولی Random Read Performance وضعیت بهتری دارد.

RAID 3 و RAID 4 به سرعت با RAID 5 جایگزین شدند.



RAID 4 چیست؟

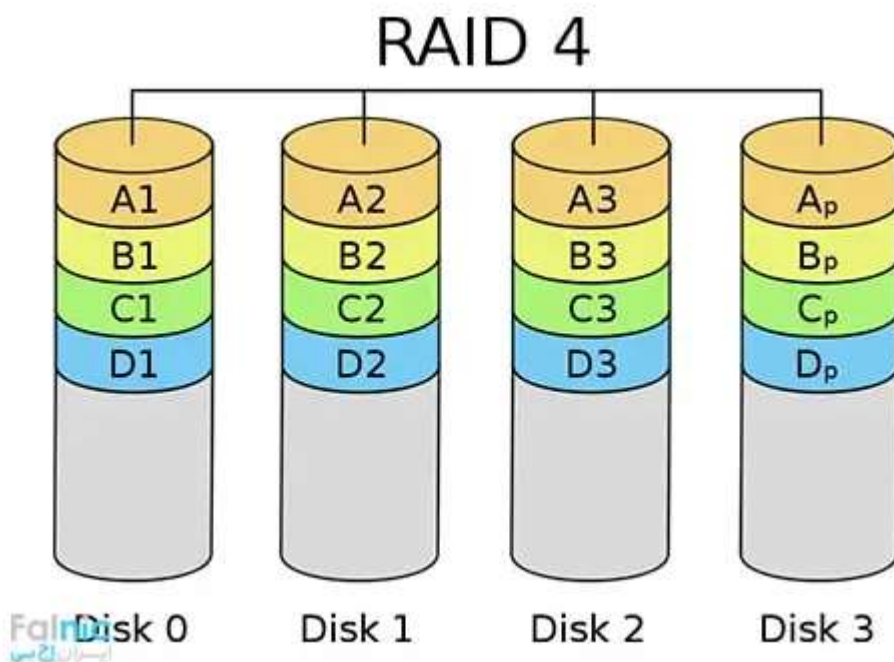
مشابه RAID 3 از استرایپ داده استفاده می‌کند و مشابه RAID 5 است یعنی دارای پیکربندی Parity Block-Level Striping است. ولی به جای استفاده از Distributed Parity از Dedicated Parity استفاده می‌کند. پس RAID 4 از دیسک پریته و Block-Level Striping بین چند دیسک استفاده می‌کند. چون دیتا در RAID 4 نواری شده‌اند، رکوردها می‌توانند از هر دیسکی خوانده شوند اما موقع نوشتن، نیاز به Distributed Parity است در نتیجه گلوگاهی در کارایی نوشتن (Random Write Performance) وجود دارد.

رید ۴ در Random Read کارایی بالایی دارد و در Random Write کارایی به دلیل اینکه همه پریته‌ها باید از یک دیسک خوانده شوند، کمتر می‌شود.

RAID 4 از نوارهای بزرگ استفاده می‌کند یعنی کاربر می‌تواند رکوردهایی را از هر درایو بخواند. برای عملیات خواندن، Overlap انجام می‌شود ولی در عملیات نوشتن چون باید درایو پریته آپدیت شود، I/O Overlapping امکان‌پذیر نیست.

در RAID 4 اگر داده A و B روی دیسک ۰ و داده C روی دیسک ۱ قرار داشته باشند، دیسک ۰ به درخواست خواندن بلاک A پاسخ می‌دهد اما برای خواندن همزمان B باید منتظر ماند ولی برای خواندن همزمان بلاک C انتظار لازم نیست و بلاک A و C همزمان خوانده می‌شوند.

استفاده از RAID 4 دیگر رایج نیست.



RAID 5 چیست؟

RAID 5 دارای پیکربندی Parity Block-Level Striping است یعنی داده را استرایپ می‌کند و پرییتی را هم بین تمام هاردها توزیع می‌کند پس دیسک جداگانه برای پرییتی نداریم. اطلاعات پرییتی در هر درایو به صورت نوار در می‌آید و به همین خاطر اگر حتی یک درایو Fail شود، آرایه RIAD به کار خود ادامه می‌دهد. معماری رید ۵ به گونه‌ای است که عملیات خواندن و نوشتن از چند درایو ممکن است که در مقایسه با حالتی که فقط از یک درایو انجام می‌شود، کارایی بهتری آرایه می‌دهد. اما این کارایی در RAID 5 به پای کارایی در RAID 0 نخواهد رسید. سرعت خواندن و نوشتن در RAID ۵ نسبت به RAID 0 پایین‌تر و نسبت به RAID 1 بالاتر است.

برای پیاده سازی RAID 5 حداقل به ۳ دیسک نیاز است اما اغلب برای کارایی بیشتر، توصیه می‌شود حداقل ۵ دیسک استفاده شود. اطلاعات، روی دو هارد دیسک اول و دوم ذخیره می‌شود و سپس محاسباتی روی دیتا انجام داده و با نام بیت افزونه یا Parity آن را روی هارد سوم ذخیره می‌کند. در دفعات بعدی Parity را روی هارد دیسک‌ها می‌چرخاند. در این نوع RAID حدوداً فضای یک هارد دیسک را از دست می‌دهیم و چنانچه یک هارد دیسک به هر دلیلی دچار مشکل شود، سیستم بدون وقفه به کار خود می‌پردازد. پس از اینکه یک هارد دیسک دچار مشکل شد می‌توان یک هارد دیسک جدید روی سرور قرار داد و دیتا روی آن شروع به ریکاور شدن می‌کند.

مزایا و معایب RAID 5

مزایای RAID 5 به شرح زیر است:

1. در RAID 5 تحمل پذیری و ضریب اطمینان در حد یک هارد دیسک است. چنانچه هارد دوم دچار مشکل شود، اطلاعات از بین می‌رود. معماری این RAID به گونه‌ای است که عملیات خواندن و نوشتن بر روی هاردها پخش می‌شود در نتیجه، مجموع کارایی هاردها از کارایی یک هارد به مراتب بیشتر است.
2. RAID 5 رایج ترین نوع RAID است و می‌تواند با RAID 0 ترکیب و یا جایگزین RAID 0 شود. زیرا کارایی آنها در یک سطح است.
3. RAID 5 یکی از امن ترین انواع RAID است.
4. قابلیت اطمینان و افزونگی دارد.
5. سرعت از مهم ترین مزایای RAID 5 است.
6. افزونگی در RAID 5 نسبت به RAID 0 به شکل اقتصادی تری فراهم می‌شود.
7. RIAD 5 نسبت به RAID 1 و RAID 10 فضای ذخیره سازی بیشتری فراهم می‌کند.
8. RAID 5 نسبت به RAID 1 سرعت نوشتن بیشتری دارد.
9. حداقل تعداد هارد درایو لازم در RAID 5 سه است و هیچ محدودیتی در حداکثر تعداد ندارد.
10. در RAID 5 قابلیت Hot Swapped وجود دارد یعنی در صورت خرابی یک هارد، می‌توان بدون Downtime و وقفه و خاموشی، هارد جدید را جایگزین هارد معیوب کرد.

11. حتی وقتی درایو خراب، در حال ری بیلد شدن است هم به دیتا دسترسی داریم و می‌توانیم آن را بخوانیم.

12. رشد نیاز به ظرفیت ذخیره سازی در آینده تضمین می‌شود. هرگاه هاردی اضافه شود، RAID 5 با Rebuild شدن، ظرفیت را افزایش می‌دهد. اما اگر در این زمان هاردی خراب شود، سیستم به خطر خواهد افتاد. دلیل آن را در پاراگراف بعدی می‌خوانید.

مهم ترین عیب RAID 5 این است که سرعت و کارایی پایینی در Rebuild دارد. وقتی یک هارد از مجموعه هاردها Fail شود زمان زیادی برای بازنشانی و ریکاوری اطلاعات لازم است یعنی در اصطلاح زمان زیادی برای ری بیلد کردن رید لازم است. بسته به سرعت کنترلر و حجم کار، این کار می‌تواند ساعت ها یا روزها طول بکشد. اگر در حین این ری بیلد، دیسک دیگری خراب شود، اطلاعات برای همیشه از بین می‌رود.

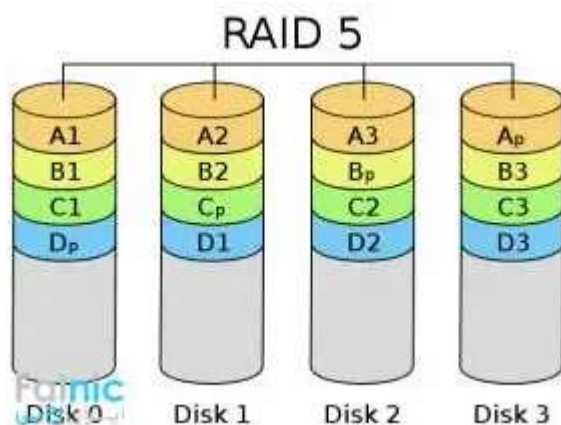
به طور کلی Standard SATA Drive برای RAID 5 مناسب نیستند زیرا ادمین می‌تواند از ری بیلد شدن پس از خرابی، جلوگیری کند.

کاربرد RAID 5 چیست؟

برویم سرغ کاربرد RAID 5؛ رید ۵ برای پایگاه‌های داده مانند SQL مناسب است. این RAID برای سیستم‌هایی که عملیات نوشتن زیاد و فشرده بر روی هاردها دارند و در اصطلاح سیستم‌های Write Intensive هستند، اصلا گزینه مناسبی نیست زیرا عملیات تولید بیت افزونه Parity در زمان نوشتن اطلاعات کمی زمان بر است و کارایی نوشتن را کم می‌کند.

RAID 5 برای فایل سرورها و اپلیکیشن‌هایی که محدودیت تعداد هارد دارند مناسب است.

RAID 5 حداقل ۳ هارد نیاز دارد و تحمل‌پذیری در برابر خطا یک هارد دیسک است.



در RAID 5 حداقل ۳ هارد دیسک و حداکثر ۳۲ هارد دیسک می‌توانیم داشته باشیم

RAID 6 چیست؟

تکنیک به کار رفته در RAID 6 مشابه RAID 5 است اما پربیتی دومی هم روی درایوهای آرایه رید، توزیع می‌شود. پس تعجب نکنید اگر RAID 6 را به نام RAID با بیت افزونه دوتایی (Double Parity RAID) ببینید که این نام، برگرفته از ساختار آن است. طبیعی است که کارایی نوشتن در RAID 6 در مقایسه با RAID 5 کمتر است و البته که هزینه بیشتری هم برای آن باید بپردازیم.

نحوه ذخیره‌سازی اطلاعات در RAID 6 مانند RAID 5 است با این تفاوت که رید ۶ از دو بیت افزونه استفاده می‌کند یعنی Parity را دو بار و با دو شیوه مختلف محاسبه کرده و روی دو هارد دیسک مختلف پراکنده می‌کند. مزیت این پربیتی اضافه این است که حتی اگر دو درایو هم همزمان خراب شوند یا دو هارددیسک از بین برود سیستم بدون وقفه می‌تواند به ادامه کار خود پردازد. در واقع قابلیت تحمل خطای این RAID، عدد ۲ است بدان معنا که اگر دو هارد به طور کامل Fail شوند، باز هم قابلیت بازیابی اطلاعات در آن وجود دارد. در صورتی که ۳ هارددیسک دچار مشکل شود دیتا از دسترس خارج خواهد شد.

در صورت از بین رفتن یک یا دو هارد دیسک یک مقدار افت کارایی خواهیم داشت و به همین دلیل می‌توان هارد Hot Spare قرار داد تا سریعاً جایگزین هارد Fail شده شود. در RAID 6 حداقل ۴ هارد دیسک مورد نیاز است. نیمی از ظرفیت این ۴ هارد، برای ذخیره داده و نیمی برای Parity استفاده می‌شود.

درصد ظرفیت قابل استفاده در RAID 6 با افزودن دیسک به آرایه افزوده می‌شود. مثلاً اگر ۸ درایو در RAID 6 استفاده شود، پربیتی تنها ۲۵ درصد ظرفیت دیسک را می‌گیرد. ولی در RAID 10 نیمی از ظرفیت برای حفاظت از داده استفاده می‌شود و کاری با تعداد هاردهای مورد استفاده ندارد.

RAID 6 را در SSD ها هم می‌توان استفاده کرد.

مزایای RAID 6

مزایای RAID 6 به شرح زیر است:

1. بالاترین سطح تحمل پذیری خطا و Fault Tolerance
2. RAID 6 فضای ذخیره سازی بیشتری نسبت به مثلاً RAID 10 فراهم می‌کند.

معایب RAID 6

معایب RAID 6 به شرح زیر است:

1. در RAID 6 هر مجموعه پربیتی باید به صورت جداگانه محاسبه شود در نتیجه کارایی در نوشتن کم می‌شود.
2. RAID 6 گران تر است زیرا دو دیسک اضافی برای پربیتی لازم دارد. اغلب، کمک پردازنده کنترلر رید، محاسبه پربیتی را انجام می‌دهد تا سرعت نوشتن بیشتر شود.
3. زمان زیادی برای Rabuild کردن بعد از رخ دادن خرابی هارد لازم است زیرا RAID 6 در نوشتن، کند است. در آرایه‌هایی که اندازه متوسط دارند، این زمان به ۲۴ ساعت هم می‌رسد.

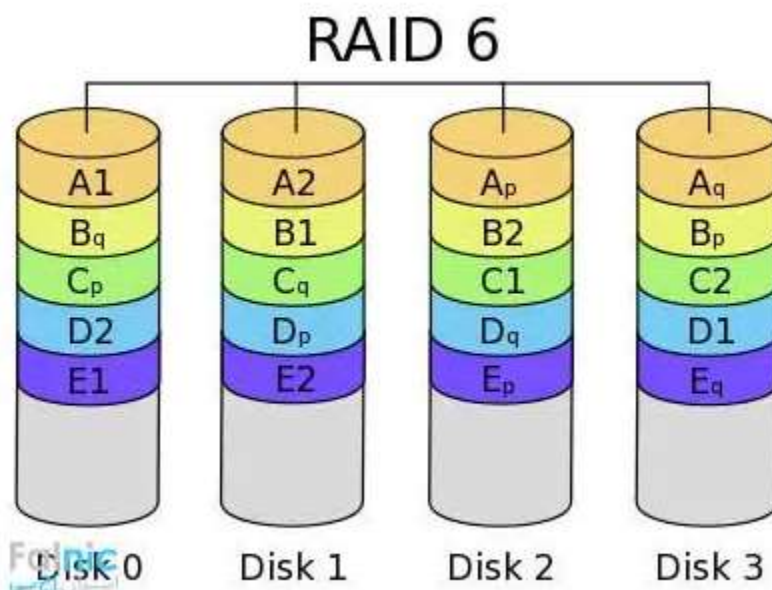
4. RAID 6 به سخت افزارهای خاص نیاز دارد و مهم است که کنترلی که از آن پشتیبانی می‌کند استفاده کنید.

کاربرد RAID 6 چیست؟

1. چون RAID 6 خرابی همزمان دو هارد را تحمل می‌کند و دیتا لاس ندارد، در اپلیکیشن‌های Mission Critical (مهم و حساس) کاربرد دارد مانند پزشکی، بانکداری، صنایع دفاعی. در این زمینه از RAID 5 بسیار بهتر است.

2. RAID 6 برای محیط‌هایی که دوره‌های طولانی نگهداری داده یا Data Retention دارند مانند آرشیو داده، مناسب است.

RAID 6 حداقل 4 هارد نیاز دارد و تحمل‌پذیری در برابر خطا دو هارددیسک است.



بهترین نوع RAID کدام است؟

رایج ترین سطوح رید، RAID 0 و RAID 1 و RAID 5 و RAID 6 است.

به طور کلی بر اساس نیازهای اپلیکیشن‌های در حال اجرا روی سرور باید سطح و نوع رید را مشخص کنید. RAID 0 سریعترین رید، RAID 1 قابل اطمینان ترین رید، و RAID 5 ترکیب خوبی از سرعت و قابلیت اطمینان دارد.

فضای مفید برای ذخیره دیتا در RAID 1 از RAID 5 و RAID 6 کمتر است. اما سرعت ریکاوری در RAID 5 و RAID 6 از RAID 1 است.

ویژگی ها	RAID 0	RAID 1	RAID 5	RAID 10
حداقل دیسک ها	2	2	3	4
محافظت از اطلاعات	بدون محافظت	خرابی یک دیسک	خرابی یک دیسک	خرابی یک دیسک
عملکرد خواندن	بالا	بالا	بالا	بالا
عملکرد نوشتن	بالا	متوسط	کم	بالا
بهره گیری از ظرفیت	100%	50%	67% - 94%	50%
نمونه کاربردی	ابزار کامپیوترها، رندرهای گرافیکی، ثبات های داده	سیستم عامل، تراکنش پایگاههای داده	ذخیره سازی داده، وب سرورها، آرشیو سازی	پایگاههای داده سریع، سرورهای نرم افزار

RAID 5 بهتر است یا RAID 6؟

در این قسمت به مقایسه RAID 5 و RAID 6 می پردازیم. RAID 6 به دلیل استفاده از دو بیت پ리티، ساختار پیچیده تری دارد و سرعت نوشتن در آن کمتر است زیرا محاسبه و ذخیره پ리티 وقتگیر است. همچنین فضای بهینه کمتری را در اختیار کاربر قرار می دهد. اما همین بیت های پ리티 باعث می شود خطاپذیری در RAID 6 نسبت به RAID 5 تقریباً دو برابر باشد. همچنین RAID 6 در ریکاوری داده ها توانایی بیشتری دارد چون با از رده خارج شدن دو هارد همچنان می تواند اطلاعات را ریکاوری کند.

همان طور که گفتیم خطاپذیری در RAID 6 بسیار پایین و در حد صفر است و اگر امنیت اطلاعات برای شما بسیار مهم است، از RAID 6 استفاده کنید ولی اگر سرعت بالاتر در نوشتن و فضای بهینه بیشتر و خطاپذیری در حد معمول را در نظر دارید استفاده از RAID 5 برای شما کافی به نظر می رسد.

وقتی صحبت از حجم های بالای داده می شود، دیگر RAID 1 و RAID 5 نمی توانند کارایی بالایی داشته باشند. مثلاً در راهکارهای ذخیره سازی NAS و SAN بهتر است از RAID 6 استفاده کرد. در این زمینه RAID 10 هم قابل استفاده است.

در جدول زیر تفاوت RAID های استاندارد، مزایا و معایب و این که چه مدلی از آنها برای چه اپلیکیشنی مناسبتر است را می‌توانید ببینید.

	Raid 0	Raid 1 or 1 + 0	Raid 5	Raid 6
Read Performance	Highest	High	High	High
Write Performance	Highest	High	Low	Low
Overhead per logical I/O request	Reads + Write	Reads + 2 Writes	2 x Reads + 2 x writes	3 x Reads + 3 x writes
Capacity loss because of Raid	0%	50% of capacity	1 x disk capacity	2 x disk capacity
Risk of data loss	High	Low	Low	Low
Application Environment	Non-mission critical read only	Mission Critical smaller data sets: write intensive	Mission Critical transaction processing predominantly read	Mission Critical transaction processing predominantly read

انواع رید تو در تو یا Nested RAID levels

علت استفاده از اصطلاح رید تو در تو یا Nested RAID این است که با ترکیب چند نوع RAID به دست می‌آیند. در ادامه چند مدل از آنها را بررسی می‌کنیم.

RAID 10 چیست؟

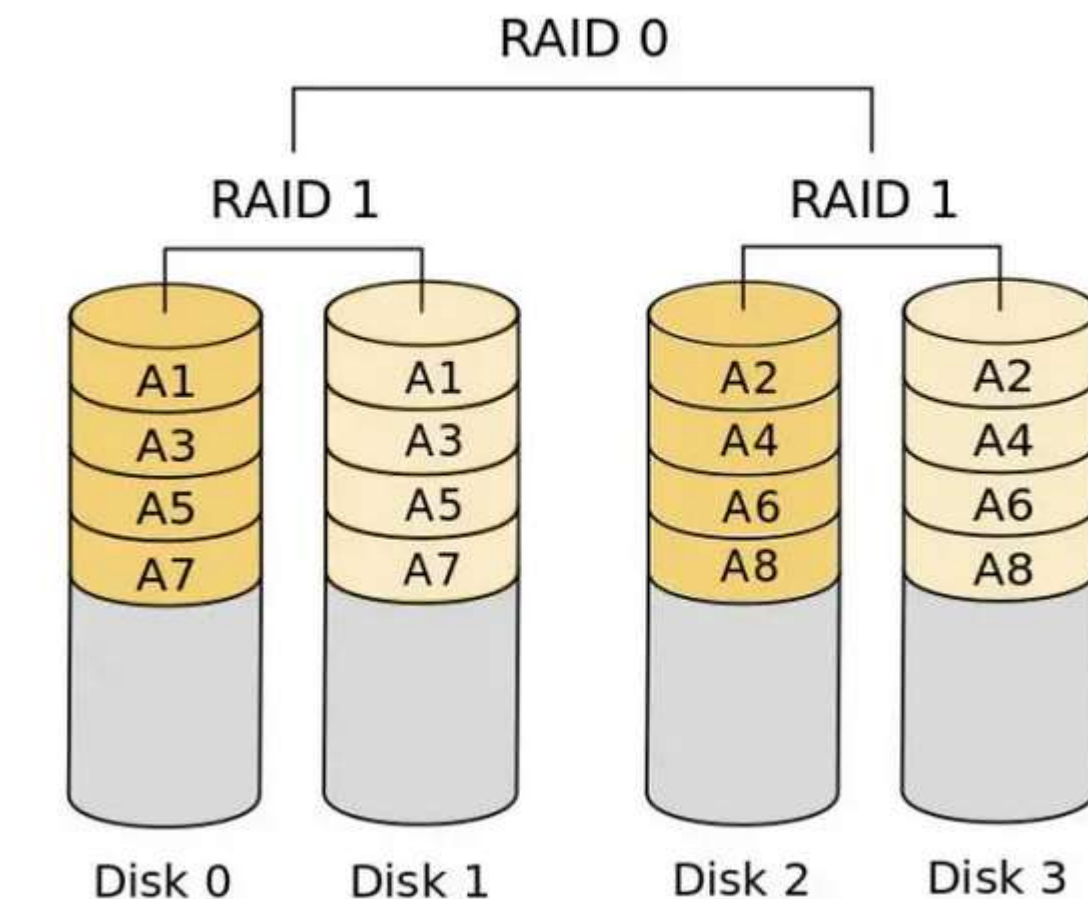
RAID 10 یا RAID 1+0 از ترکیب RAID 1 و RAID 0 به دست آمده است. RAID 10 در مقایسه با RAID 1 کارایی بالاتری دارد اما هزینه بیشتری هم دارد. دیتا در RAID 10 ابتدا Mirror و سپس Stripe می‌شود.

از معایب ترکیب تکنیک Mirroring و Striping این است که نیمی از ظرفیت هارد درایو ها را به دلیل تامین امنیت داده از دست می‌دهیم.

برای راه‌اندازی RAID 10 حداقل ۴ هارددیسک نیاز است و به این صورت عمل می‌کند که داده‌ها را بین هاردهای آینه‌ای شده به صورت نواری توزیع می‌کند. مادامی که یک هارددیسک از هر جفت هارد آینه‌ای شده، فعال باشد اطلاعات قابل بازیابی هستند. اما اگر هر دو هارد از یک جفت آینه‌ای Fail شوند، اطلاعات به دلیل عدم وجود بیت افزونه (Parity) دیگر قابل دسترس نخواهد بود.

RAID 10 حداقل ۴ هارددیسک نیاز دارد.

RAID 1+0



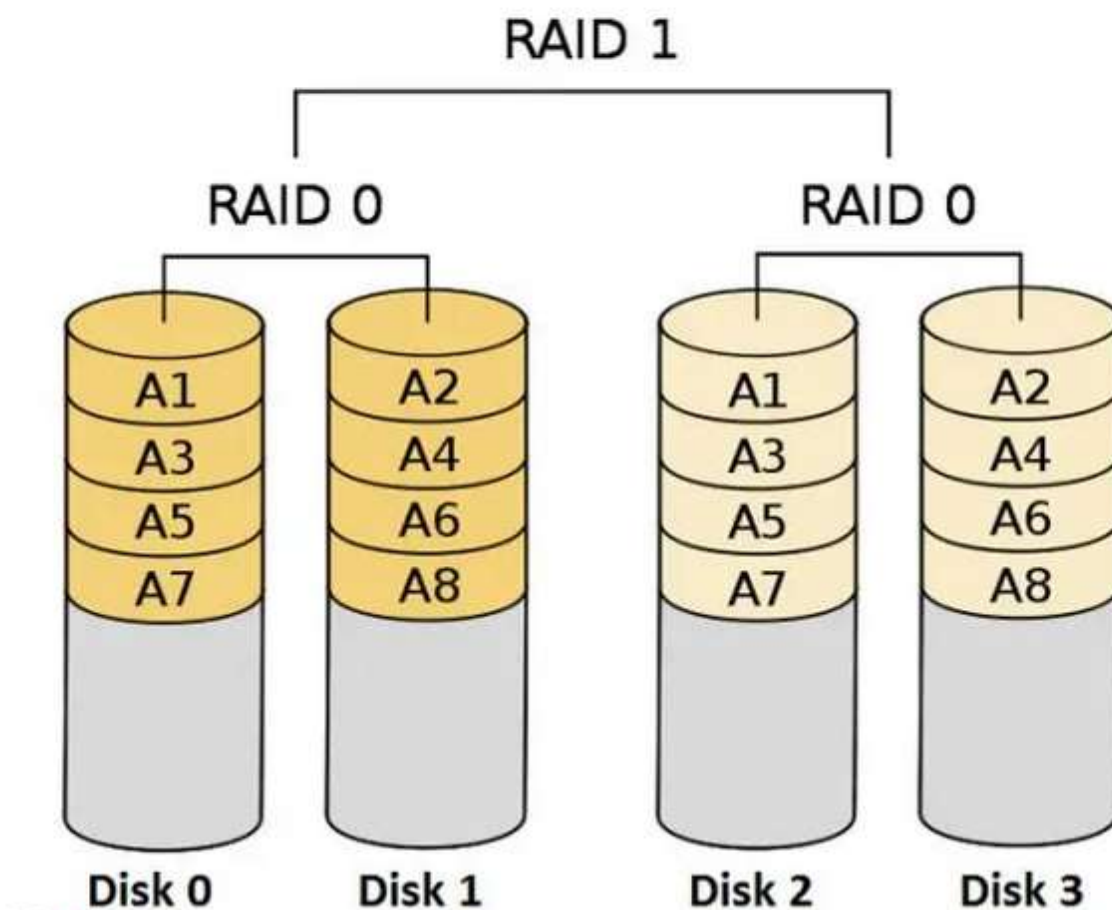
RAID 10 و RAID 01 دارای کارایی RAID 0 و دسترسی پذیری RAID 1 است.

RAID 01 چیست؟

RAID 01 یا RAID 0+1 مشابه RAID 10 از ترکیب RAID 1 و RAID 0 به دست آمده است. تفاوت RAID 01 و RAID 10 در روش سازماندهی دیتا است. دیتا در RAID 10 ابتدا Mirror و سپس Stripe می شود ولی دیتا در RAID 01 ابتدا Stripe و سپس Mirror می شود.

برای راه اندازی RAID 01 حداقل 4 هارد دیسک نیاز است و به این صورت عمل می کند که داده ها را بین هاردها به صورت نواری توزیع می شود و سپس به صورت آینه ای ذخیره می شود.

RAID 0+1



این نوع Raid مناسب برای فایل سرورها و دیتا بیس های با حجم متوسط می باشد

RAID 03 چیست؟

RAID 03 یا RAID 0+3 را به صورت RAID 53 یا RAID 5+3 هم می شناسند. در آن Striping در RAID 0 روی بلاک های RAID 3 استفاده می شود. هرچند که کارایی بالاتری نسبت به RAID 3 دارد اما هزینه بیشتری هم نسبت به آن دارد.

RAID 50 چیست؟

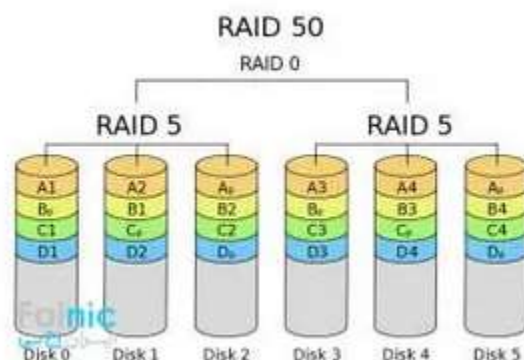
در RAID 50، پرتی توزیع شده در RAID 5 با Striping در RAID 0 ترکیب شده و کارایی بالاتر بدون کاهش حفاظت از اطلاعات به دست آمده است.

RAID 50 نیاز به حداقل ۶ هارددیسک دارد و برای سیستم‌هایی که عملیات نوشتن زیادی بر روی هاردها دارند بسیار مناسب است. حفاظت از سلامت اطلاعات و همچنین قابلیت بازیابی آن نسبت به RAID 5 به مراتب بیشتر است.

کارایی RAID 50 نسبت به RAID 5 از این جهت بهتر شده است که هر یک Fail فقط بر یک آرایه از اطلاعات تاثیر می‌گذارد. اگر Fail شدن اطلاعات در آرایه‌های مختلف RAID رخ دهد قابلیت تحمل این RAID عدد ۴ خواهد بود. یعنی اگر از هر زیرمجموعه Array، یک درایو خراب شود، Fault Tolerance برابر با ۲ است و نهایتاً ۴ درایو فعال داریم بدون اینکه اطلاعاتی از دست بدهیم. اما توجه داشته باشید که اگر این دو درایو خراب از یک زیرمجموعه Array باشد، اطلاعات شما از دست خواهد رفت.

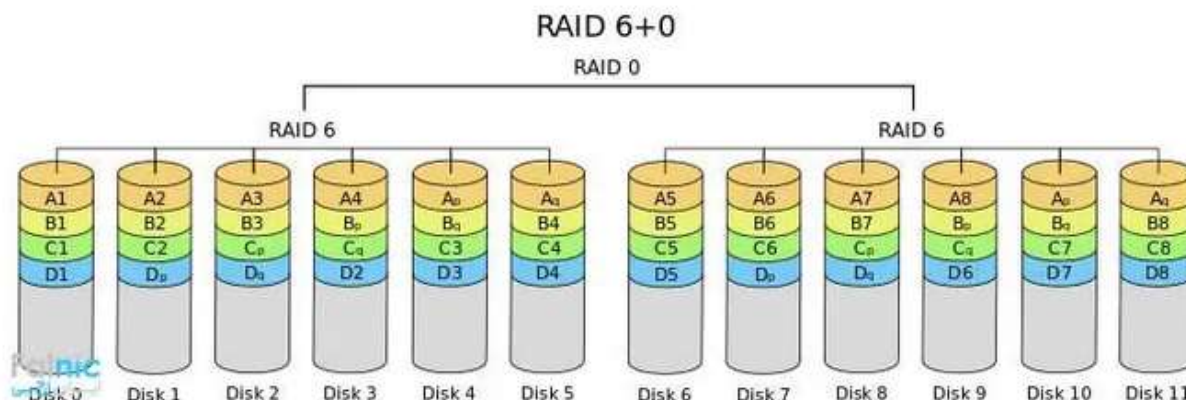
پیاده‌سازی RAID 50 نیاز به کنترلر سخت‌افزاری پیشرفته دارد که شاید این مورد را بتوان به عنوان یکی از معایب عمده آن در نظر گرفت. اما زمانی که شما با اپلیکیشن‌هایی سر و کار دارید که اطلاعاتشان بسیار حیاتی است و امنیت آن‌ها از درجه اهمیت بالایی برخوردار است توصیه می‌شود از رید ۵۰ استفاده کنید.

RAID 50 حداقل ۶ هارددیسک و کنترلر پیشرفته نیاز دارد و امنیت بسیار بالایی فراهم می‌کند.



RAID 60 چیست؟

RAID 60 ترکیبی از RAID 0 و RAID 6 است. رید ۶۰ را این طور در نظر بگیرید که اطلاعات را بین دو دسته هارد که RAID 6 شده‌اند به صورت نواری توزیع می‌کند. برای راه‌اندازی RAID 60 حداقل به ۸ عدد هارد نیاز خواهد بود.



انواع رید غیراستاندارد یا Nonstandard RAID levels

ریدهای غیراستاندارد با ریدهای استاندارد فرق دارند و معمولاً شرکت‌ها و سازمان‌های بزرگ برای استفاده‌های اختصاصی از RAID های غیر استاندارد استفاده می‌کنند. انواع Nonstandard RAID به شرح زیر است:

RAID 7 چیست؟

RAID 7 بر مبنای RAID 3 و RAID 4 است و Caching را هم اضافه‌تر دارد. کشینگ از طریق باس پرسرعت و ویژگی‌های یک کامپیوتر معمولی فراهم می‌شود. همچنین به عنوان کنترلر دارای سیستم عامل تعبیه شده‌ای است.

Adaptive RAID چیست؟

Adaptive RAID، کنترلر رید را قادر به تصمیم‌گیری درباره چگونگی ذخیره پرتی روی دیسک می‌کند: از RAID 3 استفاده کند یا RAID 5. این نوع رید، بسته به نوع تنظیمات RAID با داده‌هایی که قرار است روی دیسک قرار گیرند، اقدام بهتری انجام می‌دهد.

Linux MD RAID 10 چیست؟

Linux MD RAID 10 را کرنل لینوکس ایجاد می‌کند و از آرایه‌های Nested و غیر استاندارد پشتیبانی می‌کند. Linux software RAID از ایجاد پیکربندی ریدهای استاندارد RAID 0 و RAID 1 و RAID 4 و RAID 5 و RAID 6 پشتیبانی می‌کند.

مزایای استفاده از RAID و RAID بندی

تامین افزونگی و Redundancy برای هاردها و افزایش کارایی از جمله اهداف استفاده از RAID در سیستم‌های ذخیره سازی اطلاعات است.

مزیت دیگر در استفاده از RAID، بازیابی و ریکاور کردن اطلاعات و دیتا در اثر Fail شدن هارددیسک است. یعنی اگر یک هارد دیسک دچار مشکل شود سیستم می‌تواند کار سرویس‌دهی خود را ادامه دهد. پس تامین امنیت و حفظ امنیت داده و اطلاعات از مزایای ریدبندی است.

دلیل استفاده از تکنولوژی RAID این است که با قرار دادن داده‌ها روی بیش از یک عدد هارددیسک، عملیات ورودی و خروجی به همپوشانی خاص می‌رسد که نتیجه آن افزایش کارایی است، افزایش کارایی سیستم یعنی افزایش سرعت خواندن و نوشتن.

سیستم عامل، هاردهای RAID شده را به عنوان یک هارد واحد شناسایی می‌کند.

در ادامه مزایای استفاده از RAID به صورت لیست ارائه می‌شود:

- صرفه‌جویی در هزینه زیرا به تعداد زیاد می‌توان از دیسک‌های ارزان قیمت استفاده کرد.
- استفاده از چند هارد در قالب RAID، کارایی را نسبت به حالت استفاده از فقط یک هارد افزایش می‌دهد.
- سرعت و قابلیت اطمینان بعد از بروز خرابی افزایش می‌یابد که البته به پیکربندی هم ارتباط دارد.
- در RAID 0 سرعت خواندن و نوشتن نسبت به حالتی که یک هارد استفاده می‌شود، بیشتر است. زیرا فایل سیستم به چند قطعه تقسیم و روی چند درایو که روی یک فایل کار می‌کنند، توزیع می‌شوند.
- در RAID 5 دسترس پذیری و Resiliency افزایش می‌یابد.
- آرایه رید با میرورینگ می‌تواند دو درایو با اطلاعات مشابه ایجاد کند تا در صورت خرابی هر یک، سیستم به کار خود ادامه دهد.

معایب استفاده از RAID و ریدبندی

رید هم مانند هر تکنولوژی دیگری دارای معایبی است که در ادامه معایب استفاده از RAID را به صورت لیست ارائه می‌دهیم:

- Nested RAID نسبت به RAID های استاندارد و سنتی قیمت بیشتری دارند زیرا به تعداد بیشتری هارد درایو نیاز دارند.
- هزینه ذخیره هر گیگابایت در دستگاه ذخیره سازی، در Nested RAID بیشتر است زیرا تعدادی هارد درایو برای افزونگی استفاده می‌شود.
- وقتی درایوی خراب می‌شود، احتمال اینکه به زودی خرابی در درایوهای دیگر آرایه رخ دهد، افزایش می‌یابد و این باعث فقدان و از دست رفتن داده یا Data Loss می‌شود. دلیل آن این است که هاردهای استفاده شده در یک آرایه تقریباً همزمان نصب شده‌اند.
- برخی انواع RAID مانند RAID 1 و RAID 5 تنها می‌توانند خرابی یک هارد را تحمل کنند.
- آرایه‌های رید و داده‌های آنها، تا زمانی که هارد خراب تعویض نشود، آسیب‌پذیر هستند. هارد جدید هم با دیتا پر خواهد شد.

- چون هارد نو ظرفیت بیشتری نسبت به بعد از پیاده سازی RAID دارد، Rebuild شدن هارد جدید کمی طول می کشد.
 - هنگام خرابی یک درایو، شانس این که مابقی دیسک ها دارای بدسکتور یا داده های غیرقابل خوانش باشند وجود دارد. این باعث می شود ریپلید شدن آرایه کاملاً غیرممکن شود.
- Nested RAID با فراهم آوردن درجه بالاتری در Redundancy، معایب RAID که به آن پرداختیم را تا حدی جبران می کند و شانس خرابی آرایه را به دلیل خرابی همزمان هاردها کاهش می دهد.

مقایسه SSD ها و RAID

استفاده از SSD ها در حال افزایش است ضمن اینکه قیمت آنها هم کمتر شده است. دلیل محبوبیت SSD ها، سرعت بالای آنهاست. در بین انواع RAID، تنها RAID 0 می تواند سرعتی نزدیک به سرعت SSD در خواندن و نوشتن داشته باشد اما RAID 0 دارای محدودیت هایی است که به توان عملیاتی RAID Controller و سرعت پردازش های عمومی برمی گردد.

با این حال که RAID 0 نزدیک ترین پیکربندی را به SSD دارد اما کارایی و سرعت SSD را نمی تواند تامین کند.

اما با اینکه قیمت SSD ها در حال کاهش است اما باز هم از RAID Array گران تر تمام می شوند. پس تصمیم اینکه بین SSD و RAID کدام را انتخاب کنید بستگی به این دارد که سرعت و کارایی، اولویت شماست یا هزینه و قیمت.

آینده RAID چیست؟

حقیقت این است که با وجود انواع مختلف پیکربندی RAID، این تکنولوژی، قدیمی است و رقبای جدید بسیاری در عرصه ذخیره سازی دارد. برخی تولیدکنندگان اقدام به استفاده از RAID در SSD کرده اند تا افزودنی را به مزایای SSD اضافه کنند اما تا زمانی که جایگزینی قابل اطمینان تر از RAID پیدا نشود، این تکنولوژی به کار خود ادامه می دهد.

بسیاری از تحلیلگران می گویند تکنولوژی RAID ظرف چند سال آینده کنار گذاشته می شود و تکنولوژی جایگزین RAID تکنولوژی Erasure Coding خواهد بود که حفاظت از داده را بهتر فراهم می کند که البته هزینه بیشتری هم دارد. هدف از توسعه آن برطرف کردن معایب RAID است. وقتی ظرفیت هارد افزایش یابد، احتمال خطا هم در آرایه رید افزایش می یابد.

با افزایش استفاده از SSD نیاز به RAID هم کم می شود چون SSD ها قطعات متحرک ندارند در نتیجه خرابی های رایج در هارد درایو ها را ندارند. آرایه SSD ها در زمینه حفاظت از داده به جای استفاده از RAID از تکنیک هایی مانند Wear Leveling استفاده می کنند. Hyperscale Computing نیز نیاز به رید را حذف کرده اند و به جای آن از سرورهای ریداندنت (Redundant Servers) به جاری درایوهای ریداندنت استفاده می کنند.

اما آنچه مسلم است این است که هم اکنون RAID جز جدایی ناپذیر از ذخیره داده است و همچنان محصولات رید تولید می‌شود. جدیدترین نسخه Intel Rapid Storage Technology از RAID 0 و RAID 1 و RAID 5 و RAID 10 پشتیبانی می‌کند و نرم افزار مدیریتی NetApp ONTAP از رید برای حفاظت در زمان خرابی همزمان سه درایو استفاده می‌کند. پلتفرم Dell EMC Unity هم از RAID 0 و RAID 1 و RAID 5 و RAID 6 پشتیبانی می‌کند.

پایان.