

## **Fizyczne środki zabezpieczenia serwera, macierze dyskowe RAID.**

Cel ogólny lekcji: Poznanie podstawowych pojęć i poziomów macierzy dyskowych RAID oraz zrozumienie, jakie cechy i funkcje definiują każdy z poziomów RAID oraz na jakie zagrożenia i awarie można się spotkać w systemach RAID.

Cele szczegółowe:

1. Poznanie definicji i funkcji macierzy dyskowych RAID.
2. Zrozumienie różnic między poszczególnymi poziomami macierzy RAID oraz możliwości ich wykorzystania.
3. Zapoznanie się z cechami i funkcjami, jakie definiują każdy poziom RAID, w tym stopniem nadmiarowości, pojemnością pamięci, odpornością na awarie oraz wydajnością.
4. Zrozumienie zagrożeń i awarii, jakie mogą wystąpić w systemach RAID oraz metod ich przeciwdziałania.
5. Opanowanie umiejętności identyfikacji i związanych z macierzami dyskowymi RAID.
6. Zrozumienie roli sterowników dysków w systemach RAID oraz wpływu ich liczby na odporność na awarie i wydajność całego systemu.

Nazwa RAID pochodzi od Redundant Array of Independent Disks - nadmiarowa macierz niezależnych dysków. To technika ochrony danych, stanowi szeroką ujednoliconą formę tworzenia kopii, a także służy podniesieniu bezpieczeństwa oraz przechowywania danych na dyskach twardech. Obejmuje sobą takie techniki bezpiecznej rejestracji jak duplexing i mirroring. RAID standaryzuje również nowe formy zabezpieczeń w nowej, ulepszonej postaci. Szczególną własnością macierzy dyskowych typu RAID jest możliwość zmiany dysku twardego lub napędu dyskowego w czasie pracy systemu - hot swap.

**RAID sprzętowy** kontrolery RAID posiadają procesor dla obliczeń wszystkich operacji RAID, przez co nie jest generowane dodatkowe obciążenie dla procesora przez obliczenia RAID.

**RAID programowy** nie wymaga kontrolera RAID, mogą zostać wykorzystane normalne kontrolery pamięci masowej SATA lub SAS bez funkcjonalności RAID (np. kontroler SATA, który jest zintegrowany w chipsecie płyty głównej). Funkcjonalność RAID jest kompletnie realizowana przez system operacyjny (np. Windows lub Software RAID w Linuksie). Obliczenia wszystkich operacji RAID są realizowane przez procesor komputera (nie przez dedykowany procesor kontrolera sprzętowego).

Macierz dyskowa RAID jest zestawem kilku dysków fizycznych, które są widziane przez system operacyjny komputera jako pojedynczy dysk logiczny. Dysk logiczny, czy w naszym przypadku macierz dysków fizycznych, może znajdować się w którymś z czterech stanów:

1. **optima** - jest to normalna praca dysku twardego,
2. **degraded** - prawidłowa praca dysku logicznego, ale jeden lub więcej dysków twardech uległo awarii,
3. **rebuild** - proces konstruowania danych poprzez system, przy przechodzeniu od stanu degraded do stanu optima, do prawidłowego działania wymagana jest naprawa lub zastąpienie dysku wadliwego, sprawnym dyskiem fizycznym,
4. **dead** - system nie jest w stanie pracować, w stanie tym uszkodzone są wszystkie dyski fizyczne, przy braku możliwości odtworzenia zapisanych wcześniej danych.

Istotnym elementem macierzy dyskowej RAID stanowi sterownik dysków, który w zasadniczy sposób wpływa na odporność na awarie i wydajność całego systemu. Aby zabezpieczyć swój komputer przed awarią jednego sterownika, zazwyczaj instaluje się znacznie większą ich liczbę. W systemie RAID niemal zawsze stosowane są sterowniki SCSI - Small Komputer System Interface oraz kanały interfejsowe typu Fibre Chanel, które odznaczają się wysoką wydajnością operacji zapisu, a także odczytu danych na dosyć rozległym obszarze instalacji dysków twardech.

System ochrony RAID charakteryzuje się pewną nadmiarowością, czyli redundancją informacji zapisywanej, podobny proceder ma miejsce w operacjach duplexingu i mirroringu.

Stopień nadmiarowości jest zależny od poziomu RAID zastosowanego w naszym systemie.

Każdy wybrany poziom zwiększa fizyczną pojemność pamięci. Klasyczny mirroring, który stanowi poziom RAID 1, tworzy każdemu dyskowi jego lustrzaną kopię na dysku drugim.

Ochrona poziomu RAID 3 polega na tym, że wykorzystywany jest jeden dysk parzystości, który służy do zapisu informacji o tym, co zawierają pozostałe dyski macierzy. Dane, które zapisywane są na dyskach parzystości koduje się według pewnego ustalonego schematu, który wiąże je odpowiednio z danymi znajdującymi się na innych dyskach. Pozostałe poziomy RAID stosują mieszane procedury rejestracji danych oraz kontroli bitów parzystości, co umożliwia odtworzenie informacji pierwotnych przy pomocy danych zapisanych na pozostałych dyskach.

## STANDARDY MACIERZY RAID

Powstało kilka standardów macierzy dyskowych RAID, które zostały pierwotnie zdefiniowane w roku 1987 przez Uniwersytet Kalifornijski jako sześć poziomów ochrony ponumerowanych od 0 do 5, a następnie uzupełnionych o dwa kolejne poziomy RAID 6 oraz RAID 7. Błędny jest stwierdzenie, że kolejne poziomy są równoznaczne z klasyfikacją na lepsze oraz gorsze, określają tylko różne

**zastosowane konfiguracje bezpieczeństwa.** Każda z tych konfiguracji może być optymalnym rozwiązaniem dla konkretnych potrzeb zabezpieczania danych zawartych w naszym komputerze.

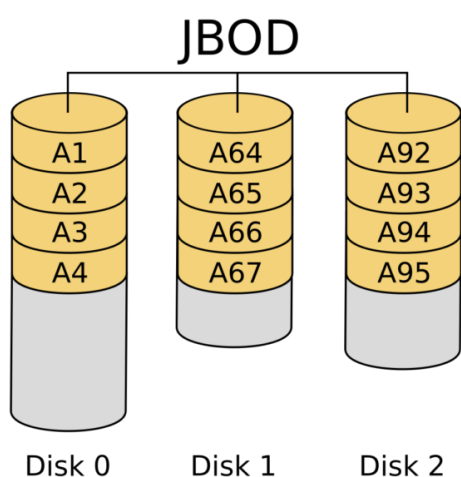
**Dla pamięci dyskowych zewnętrznych macierze RAID można utworzyć w następujących konfiguracjach:**

### 1. JBOD

Nazwa tej konfiguracji wzięła się od angielskiego określenia Just a Bunch of Driver (Zbiór niezależnych dysków lub po prostu zestaw dysków) i jest standardową obsługą dysków twardych przy pomocy kontrolera macierzowego, który w tym wypadku pełni rolę **kontrolera dysków twardych.**

Każdy z dysków obsługiwany jest oddzielnie jako pojedynczy napęd logiczny.

Nie znajdziemy tutaj żadnych zabezpieczeń, dane nie są nadmiarowo zapisywane.



### 2. NRAID

Non - RAID jest łączeniem dysków obsługiwanych przez kontroler macierzowy, w jeden wielki dysk logiczny, którego pojemność jest równa sumie pojemności składowych wszystkich dysków systemu.

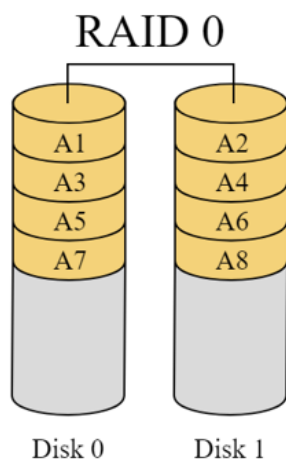
NRAID również nie gwarantuje bezpieczeństwa, ponieważ dane nie są zapisywane nadmiarowo.

### 3. RAID poziom 0

**W czasie zapisu na poziomie 0 dane dzielone są na bloki, które rozmieszcza się na wielu dyskach.**

Na dyskach nie są umieszczane żadne informacje nadmiarowe, oznacza to niemożność odtworzenia danych w wypadku awarii lub uszkodzenia dysku. Zaletę poziomu 0 stanowi fragmentacja danych, czyli striping, która wykorzystywana jest również w innych poziomach RAID. Jej działanie polega na podziale całej pamięci dyskowej na małe fragmenty o rozmiarze 512 kB lub kolejnych wielokrotności tego rozmiaru, powodując rozdzielenie zapisywania informacji na każdy z dysków macierzy równomiernie. Dzięki podziałowi danych przyspieszona jest szybkość odczytu i zapisu, ponieważ operacje te mogą odbywać się równocześnie i równolegle, wykorzystując w maksymalny sposób obszar

dostępnej pamięci. Wadą tego poziomu jest brak bezpieczeństwa danych, a awaria któregoś z dysków oznacza utratę części informacji i niekiedy nieprzydatność reszty danych umieszczonych na innych dyskach.



### Zalety RAID 0

RAID 0 oferuje doskonałą wydajność, zarówno w operacjach odczytu, jak i zapisu. Nie ma narzutu spowodowanego przez kontrolę parzystości.

Cała pojemność pamięci masowej jest używana, nie ma narzutu.

Technologia jest łatwa do wdrożenia.

### Wady RAID 0

RAID 0 nie jest odporny na uszkodzenia. Jeśli jeden dysk ulegnie awarii, wszystkie dane w macierzy RAID 0 zostaną utracone. Nie należy go używać w systemach o znaczeniu krytycznym.

### Idealne zastosowanie

RAID 0 jest idealny do niekrytycznego przechowywania danych, które muszą być odczytywane/zapisywane z dużą szybkością, na przykład na stacji do retuszu zdjęć lub edycji wideo.

Jeśli chcesz używać RAID 0 wyłącznie do łączenia pojemności dysków w jednym woluminie, rozważ zamontowanie jednego dysku w ścieżce folderu drugiego dysku. Jest to obsługiwane w systemach Linux, OS X oraz Windows i ma tę zaletę, że awaria pojedynczego dysku nie ma wpływu na dane na drugim dysku lub dysku SSD.

## 4. RAID poziom 1

W ochronie na pierwszym poziomie dane rozdzielane są pomiędzy dwa dyski znajdujące się w macierzy, przy czym dla każdego z dysków tworzona jest jego kopia zwierciadlana na dysku drugim.

Przykładowo, jeżeli dana macierz składa się z czterech dysków, to dwa z nich mogą pełnić rolę dysków podstawowych, natomiast kolejne dwa są ich lustrzaną kopią. Poziom 1 cechuje się zatem pełną nadmiarowością, odpowiadającą koncepcji dysków lustrzanych, co umożliwia uzyskanie charakterystycznej dla stripingu wydajności poprzez zapis równoczesny na dwóch dyskach z redundancją danych.



### Zalety RAID 1

RAID 1 oferuje doskonałą prędkość odczytu i zapisu, która jest porównywalna z szybkością pojedynczego dysku.

W przypadku awarii dysku dane nie muszą być odbudowywane, wystarczy skopiować je na dysk zastępczy.

RAID 1 to bardzo prosta technologia.

### Wady RAID 1

Główną wadą jest to, że efektywna pojemność pamięci wynosi tylko połowę całkowitej pojemności dysku, ponieważ wszystkie dane są zapisywane dwukrotnie.

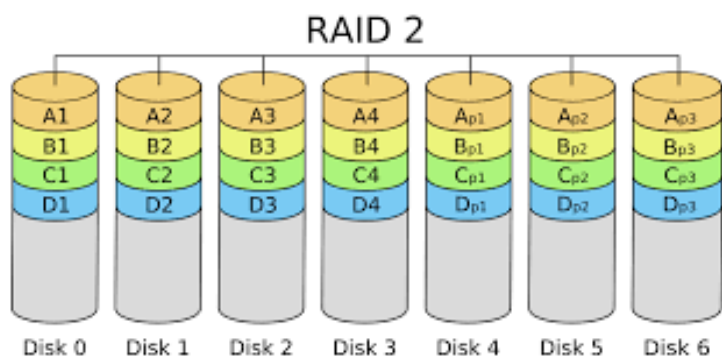
Rozwiązania programowe RAID 1 nie zawsze umożliwiają wymianę uszkodzonego dysku podczas pracy. Oznacza to, że uszkodzony dysk można wymienić tylko po wyłączeniu komputera, do którego jest podłączony. W przypadku serwerów używanych jednocześnie przez wiele osób może to być nie do zaakceptowania. Takie systemy zwykle używają kontrolerów sprzętowych, które obsługują wymianę podczas pracy.

### Idealne zastosowanie

RAID-1 jest idealny do przechowywania danych o znaczeniu krytycznym, na przykład do systemów księgowych. Nadaje się również do małych serwerów, w których będą używane tylko dwa dyski danych.

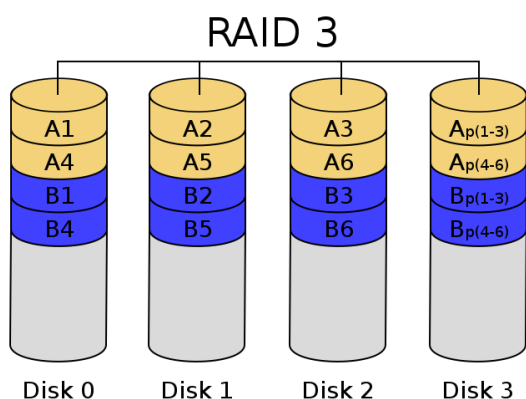
## 5. RAID poziom 2

Poziom 2 jest rzadko stosowanym poziomem ochrony, w którym podziału danych dokonuje się już na poziomie bitów zapamiętanych z wykorzystaniem kodu Hamminga. Następnie zakodowane dane rozmieszczane są w sposób równomierny na wszystkich dyskach macierzy. W obecnych czasach poziom ten stracił na znaczeniu, ponieważ obecnie produkowane dyski wyposażone są w logikę ECC - Error Correction Code, co bezpośrednio prowadzi do stosowania ochrony z poziomu RAID 3. Inne funkcje poziomu 2 są identyczne jak w przypadku poziomu 3. Jedynie komputery typu mainframe wykorzystują poziom 2.



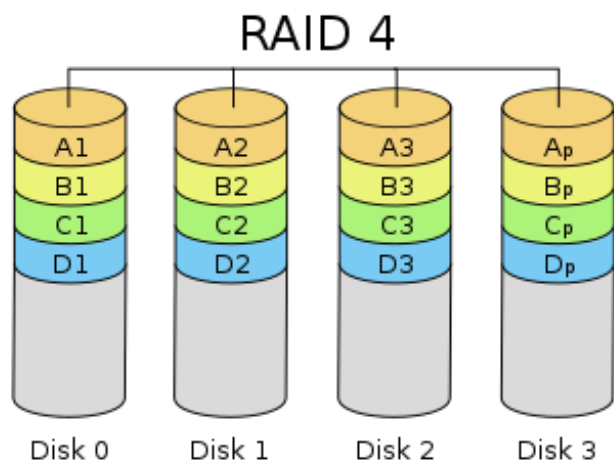
## 6. RAID poziom 3

Cechą charakterystyczną ochrony danych przy pomocy poziomu 3 jest rozdzielanie każdej informacji na pojedyncze bity lub bajty danych, które rozmieszczane są na wszystkich, oprócz jednego, dyskach macierzy RAID. Ochrona danych z poziomu 3 jest optymalna w aplikacjach z niewielką liczbą transakcji występujących przy dużym przepływie danych. Poziom ten wykorzystywany jest na stanowiskach graficznych CAD/CAM oraz przy przetwarzaniu multimediiów i DTP. Poziom ten jest odpowiedni dla zwykłej wielostanowiskowej konwersacyjnej konfiguracji sieci, ponieważ operacje we/wy nie przebiegają w pełni równolegle. Jest to charakterystyczna cecha wielozadaniowego środowiska.



## 7. RAID poziom 4

Funkcje poziomu 4 są podobne do analogicznych funkcji poziomu 3, jednak podziału danych dokonuje się na poziomie nie bitów czy bajtów, ale bloków o wielkości sektora dyskowego. Informacja, która jest odczytywana na tym poziomie ochrony z dysków jest znacznie szybsza, ponieważ jednocześnie każdego dysku można pobierać cały sektor danych - overlapping. W operacji zapisu wymagane jest aktualizowanie dedykowanego dysku parzystości, co powoduje zmniejszenie szybkości przepływu informacji. Tego typu rozwiązanie jest korzystne zarówno dla serwerów plików, jak i baz danych charakteryzujących się małą liczbą operacji zapisu, która stosowana jest w środowisku wielu użytkowników systemu, a więc najczęściej w systemach informacyjnych.

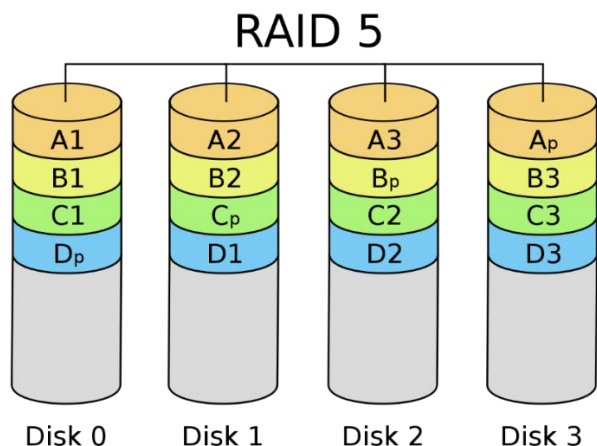


## 8. RAID poziom 5

W czasie transportu danych w konfiguracji z poziomu 5 duże bloki danych o rozmiarach sektora dyskowego są rozdzielane, a następnie rozmieszczane na każdym z dysków macierzy.

Poziom 5 nie posiada odrębnego dysku parzystości. Każdy dysk posiada obszar zarezerwowany dla swoich danych kontrolnych. Ochrona danych na 5 poziomie cechuje się wysoką szybkością odczytu i zapisu, ponieważ jednocześnie blok informacji może być transmitowany z każdego dysku.

Tego typu cechy ukierunkowują stosowanie takiego wariantu ochrony danych w systemach wielozadaniowych.



RAID 5 - Striping z parzystością

### Zalety RAID 5

Transakcje odczytu danych są bardzo szybkie, podczas gdy transakcje zapisu danych są nieco wolniejsze (ze względu na parzystość, którą należy obliczyć).

Jeśli dysk ulegnie awarii, nadal masz dostęp do wszystkich danych, nawet gdy uszkodzony dysk jest wymieniany, a kontroler pamięci odbudowuje dane na nowym dysku.

### Wady RAID 5

Awaryjne dysków mają wpływ na przepustowość, chociaż jest to nadal akceptowalne.

To jest skomplikowana technologia. Jeśli jeden z dysków w macierzy korzystającej z dysków 4 TB ulegnie awarii i zostanie wymieniony, przywrócenie danych (czas odbudowy) może zająć dzień lub dłużej, w zależności od obciążenia macierzy i szybkości kontrolera. Jeśli inny dysk zepsuje się w tym czasie, dane zostaną utracone na zawsze.

### Idealne zastosowanie

RAID 5 to dobry, wszechstronny system, który łączy wydajną pamięć masową z doskonałym bezpieczeństwem i przyzwoitą wydajnością. Jest idealny dla serwerów plików i aplikacji, które mają ograniczoną liczbę dysków danych.

Możliwym jest również zastosowanie kombinowanych systemów ochrony, które składają się z trzech najczęściej stosowanych poziomów 0,1 oraz 5. Dzięki tym kombinacjom możliwe jest wdrożenie następujących strategii bezpieczeństwa, które obejmują:

a) **striping** - fragmentację danych na poziomie 0

b) **mirroring** - lustrzane odbicie danych na poziomie 1

c) **striped mirroring** - odbicie lustrzane wraz z fragmentacją danych - poziom 0+1, nazywany również poziomem RAID 10

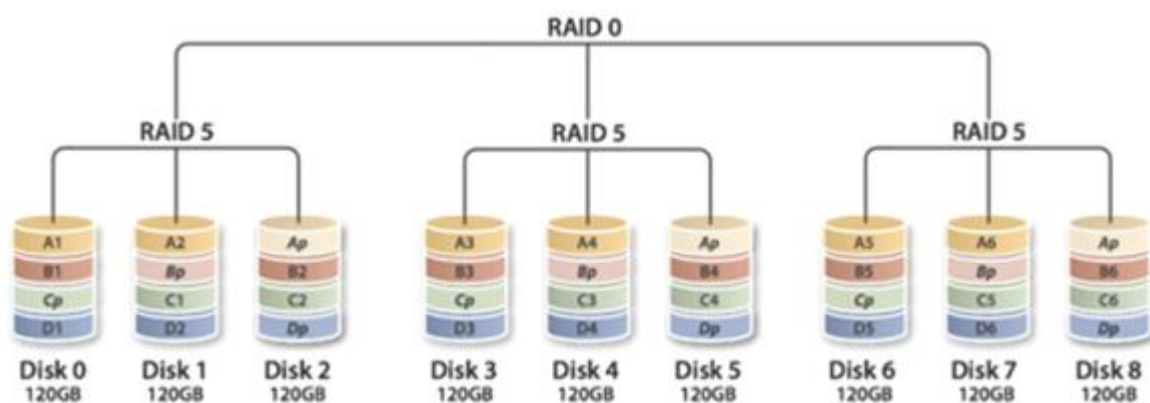
d) **striping parity** - fragmentacja zarówno obszarów kontrolnych oraz danych - poziom 5

## 9. RAID 50 - Wysoka niezawodność i wydajność

RAID 50, zwany także RAID 5+0, łączy proste rozłożenie na poziomie bloków RAID 0 z rozproszoną parzystością RAID 5.

Ponieważ macierz RAID 0 rozłożona na elementy RAID 5 wymaga minimalnej konfiguracji RAID 5 sześć napędów. Jeden dysk z każdego zestawu RAID 5 może ulec awarii bez utraty danych; na przykład konfiguracja RAID 50 obejmująca trzy zestawy RAID 5 może tolerować maksymalnie trzy potencjalne jednoczesne awarie dysków (ale tylko jeden na zestaw RAID 5).

RAID 50 poprawia wydajność RAID 5, szczególnie podczas zapisu i zapewnia lepszą odporność na awarie niż pojedynczy poziom RAID. Ten poziom jest zalecany dla aplikacji, które wymagają wysokiej odporności na awarie, pojemności i wydajności dostępu swobodnego.

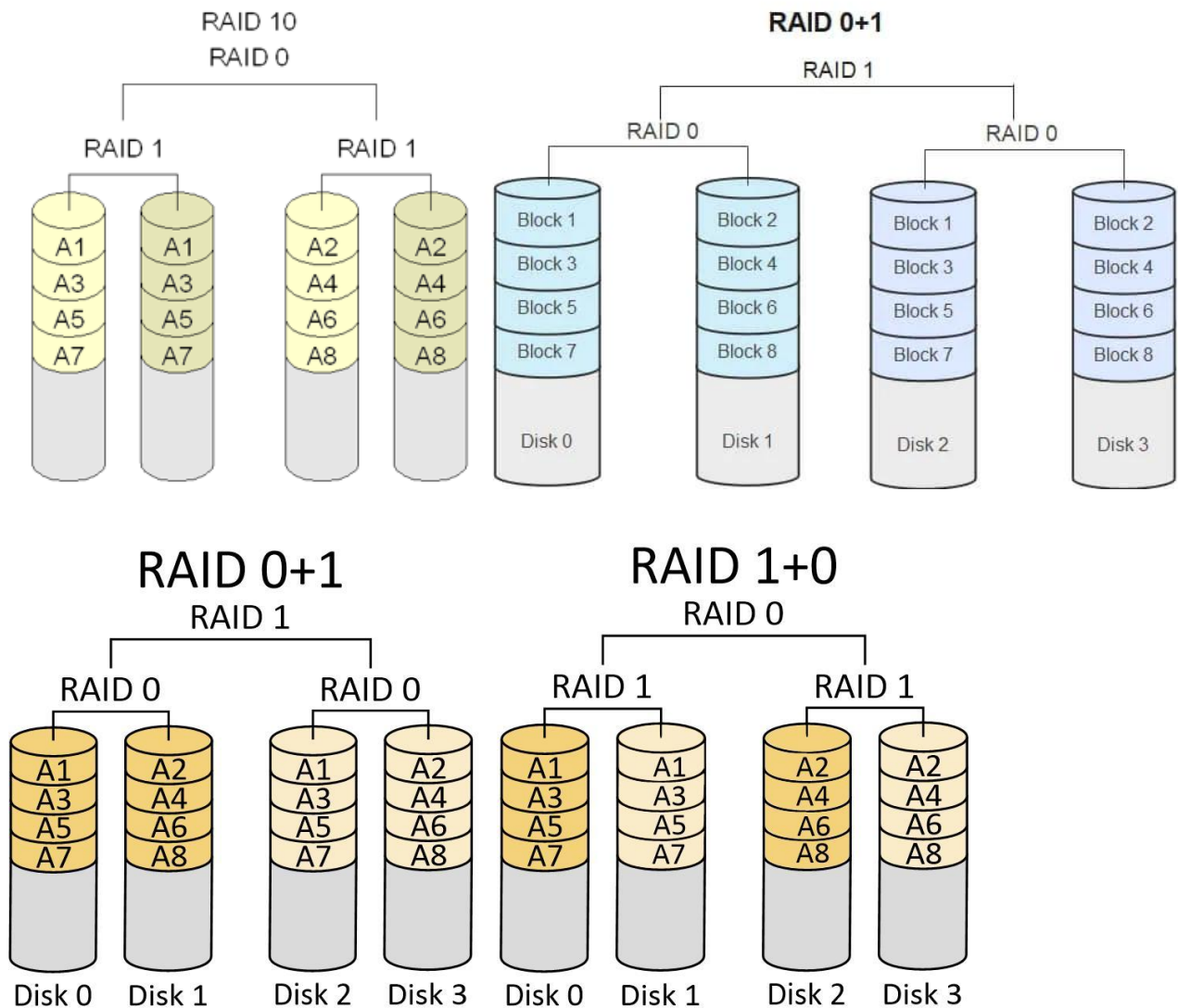


## 10. RAID 10 (nazywany także RAID 0+1)

Poziom ten stanowi połączenie RAID 0 oraz RAID 1. RAID 10 łączy w sobie zalety tych poziomów, takie jak bezpieczeństwo oraz wysoka wydajność, ale dziedziczy również wadę poziomu RAID 1, czyli wykorzystanie jedynie połowy pojemności dyskowej, na skutek pełnej nadmiarowości.

Użytkownik dostaje więc dużą przestrzeń dyskową zgromadzoną w jednej całości i pracującą z wysoką wydajnością, jednak przy najwyższych kosztach macierzy.

RAID 10 - połączenie mirroringu i stripingu.



### Zalety RAID 10

Jeśli coś pójdzie nie tak z jednym z dysków w konfiguracji RAID 10, czas odbudowy jest bardzo szybki, ponieważ wystarczy skopiować wszystkie dane z ocalałego serwera lustrzanego na nowy dysk. W przypadku dysków o pojemności 1 TB może to zająć zaledwie 30 minut.

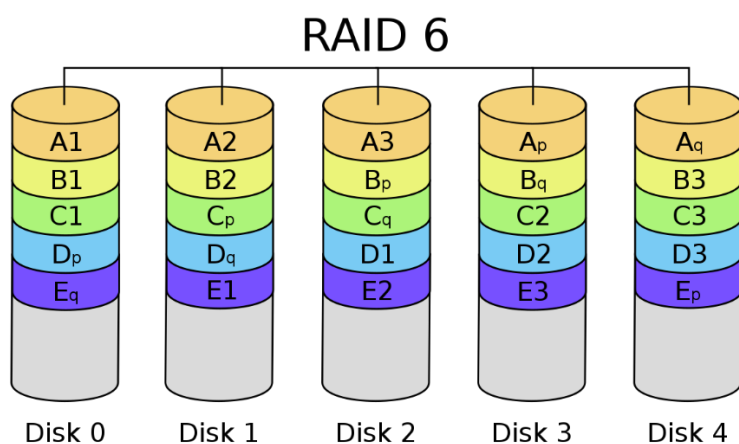
### Wady RAID 10

Połowa pojemności pamięci masowej jest wykorzystywana do tworzenia kopii lustrzanych, więc w porównaniu z dużymi macierzami RAID 5 lub RAID 6 jest to kosztowny sposób na zapewnienie nadmiarowości.

Popularność systemów RAID sprawiła, że powstała organizacja normująca RAB - RAID Advisory Bard, która obejmuje swoim składem kilkadziesiąt wielkich korporacji, jak Hewlett Packard, IBM oraz Seagate. Organizacja ta ustandaryzowała nowe propozycje poziomów ochrony RAID: poziom 6 oraz poziom 7

## 11. RAID poziom 6

Poziom 6 ochrony zbliżony jest w założeniach do poziomu RAID 5 i został on zaproponowany przez naukowców z Berkeley. Jego zaletą jest fakt, że konfiguracja dysków może prawidłowo pracować nawet po awarii w tym samym momencie dwóch fizycznych napędów dyskowych. Efekt ten osiągnięto przy pomocy wzajemnie niezależnych, podwójnych oraz odmiennie zbudowanych bloków parzystości, które umieszcza się w wielu napędach dyskowych. Informacje kontrolne z każdego dysku kopiowane są dodatkowo na dwa napędy dyskowe. Dzięki takiemu rozwiązaniu zapewniona jest lepsza odporność na awarie dysku fizycznego niż w przypadku ochrony zastosowanej na poziomie RAID 5.



RAID 6 - Striping z podwójną parzystością

### Zalety RAID 6

Podobnie jak w przypadku RAID 5, transakcje odczytu danych są bardzo szybkie.

Jeśli dwa dyski ulegną awarii, nadal masz dostęp do wszystkich danych, nawet podczas wymiany uszkodzonych dysków. Tak więc RAID 6 jest bezpieczniejszy niż RAID 5.

### Wady RAID 6

Transakcje zapisu danych są wolniejsze niż RAID 5 ze względu na dodatkowe dane parzystości, które należy obliczyć. W jednym raporcie przeczytałem, że wydajność zapisu była o 20% niższa.

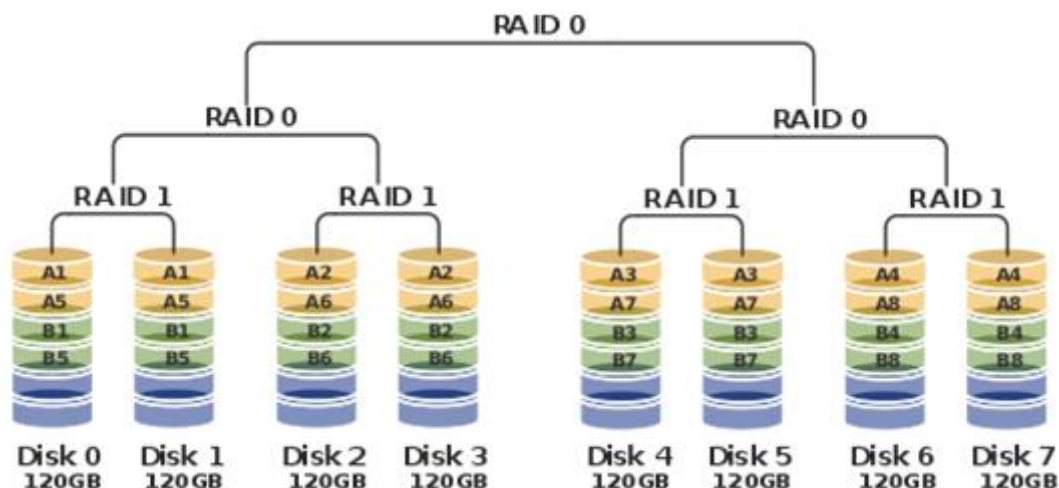
Awaryjne dyski mają wpływ na przepustowość, chociaż jest to nadal akceptowalne. To jest skomplikowana technologia. Odbudowa macierzy, w której jeden dysk uległ awarii, może zająć dużo czasu.

### Idealne zastosowanie

RAID 6 to dobry, wszechstronny system, który łączy wydajną pamięć masową z doskonałym bezpieczeństwem i przyzwoitą wydajnością. Jest preferowany w porównaniu z RAID 5 w serwerach plików i aplikacji, które używają wielu dużych dysków do przechowywania danych.

## 12. RAID 60 - Wysoka niezawodność i wydajność

RAID 60, zwany także RAID 6+0, łączy w sobie prosty striping na poziomie bloków RAID 0 z rozproszoną podwójną parzystością RAID 6, w wyniku czego powstaje macierz RAID 0 rozłożona na elementy RAID 6. Wymaga co najmniej ośmiu dysków.



## 13. RAID poziom 7

RAID 7 nie jest oficjalnym poziomem RAID uznany przez żadną organizację standaryzującą, taką jak RAID Advisory Board (RAB) czy Storage Networking Industry Association (SNIA). Informacje, które wyjaśniają sytuację:

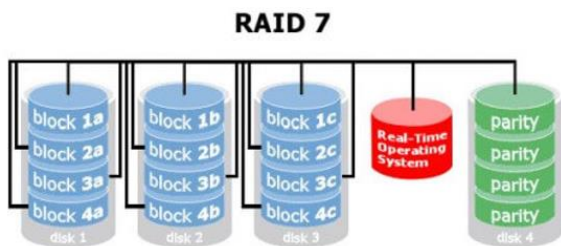
### Status RAID 7 – techniczna weryfikacja

RAID 7 to niestandardowa, zastrzeżona implementacja opracowana przez firmę Storage Computer Corporation. Łączy cechy RAID 3 i RAID 4 (striping z parzystością) z dedykowanym systemem cache i kontrolerem czasu rzeczywistego.

RAID 7 nigdy nie został zatwierdzony przez RAB ani SNIA jako oficjalny poziom RAID .

Po rozwiązaniu RAB w 1996 roku, SNIA przejęła rolę w ustalaniu standardów RAID. W dokumentacji SNIA RAID 7 nie figuruje jako oficjalny poziom.

Obecnie uznawane są poziomy RAID od 0 do 6 oraz kombinacje takie jak RAID 10, 50, 60, 1E itp.



### Cechy RAID 7 (nieoficjalne, ale ciekawe):

Zaawansowane buforowanie (cache) – z dedykowanym procesorem do zarządzania operacjami I/O.

Wysoka wydajność – dzięki asynchronicznemu przetwarzaniu danych.

Obsługa heterogenicznych dysków – różne typy i technologie zapisu (magnetyczne, optyczne, magnetoptyczne).

Odporność na awarie – w niektórych implementacjach możliwe odzyskiwanie danych po awarii nawet 4 dysków (ale to zależy od konkretnego rozwiązania producenta, nie od standardu).

### Podsumowanie

RAID 7 to komercyjna, niestandardowa technologia, która nie jest częścią oficjalnej klasyfikacji RAID. Choć oferuje ciekawe funkcje, nie jest szeroko stosowana ani wspierana przez większość producentów sprzętu i oprogramowania.

### 14. RAID nie zastąpi kopii zapasowych!

Wszystkie poziomy RAID z wyjątkiem RAID 0 zapewniają ochronę przed awarią pojedynczego dysku. System RAID 6 przetrwa nawet awarie 2 dysków jednocześnie. Aby zapewnić pełne bezpieczeństwo, nadal musisz tworzyć kopie zapasowe danych przechowywanych w systemie RAID.

- a. kopia zapasowa przyda się, jeśli wszystkie dyski ulegną awarii jednocześnie z powodu skoku mocy.
- b. Jest to zabezpieczenie w przypadku kradzieży systemu pamięci masowej.
- c. Kopie zapasowe można przechowywać poza siedzibą firmy w innej lokalizacji.  
Może się to przydać, jeśli klęska żywiołowa lub pożar zniszczy Twoje miejsce pracy.
- d. Najważniejszym powodem tworzenia kopii zapasowych wielu generacji danych jest błąd użytkownika. Jeśli ktoś przypadkowo usunie ważne dane i pozostanie to niezauważone przez kilka godzin, dni lub tygodni, dobry zestaw kopii zapasowych zapewni, że nadal będziesz mógł odzyskać te pliki.

### 15. PCI - to - SCSI

Grupa macierzy typu PCI - to - SCSI obejmuje kontrolery zarówno jedno, dwu, nawet trzykanałowe Ultra2 oraz Ultra 160, które są wpinane w 32 bitowy lub 64 bitowy slot PCI. Jest możliwe tworzenie różnych macierzy poziomów 0, 1, 3, 5, NRAID, JBOD, a także mieszanych 10, 30, 50, w obrębie jednego kontrolera. Można również wskazać dysk zapasowy globalny lub lokalny - hot spare. Odbudowa automatyczna macierzy odbywa się w tle dzięki wykorzystaniu dysku hot spare albo po wymianie uszkodzonego dysku na nowy. Można również rozbudowywać macierz nie przerywając przy tym jej zwykłej pracy, co jest niestety niemożliwe w przypadku rozwiązań operujących wyłącznie na interfejsie IDE. Rozbudowa polega na dodaniu nowego dysku do macierzy albo na wymianie starego dysku o małej pojemności na nowy dysk o większej pojemności. Użyteczną opcją stosowaną w wypadku tych kontrolerów jest podtrzymywanie baterijne pamięci cache kontrolera nawet przez od 24 do 72 godzin w przypadku zaniku zasilania. Przy następnym uruchomieniu komputera nastąpi automatyczny zapis tych danych na odpowiednich dyskach. Najczęściej stosowanymi pojemnościami dysków w rozwiązaniach tego typu są 18 - 200 GB, takie jak stosuje się w wypadku RAID 5, chociaż spotyka się również rozwiązania o pojemnościach dochodzących nawet do 1,5 TB.



Istotnym elementem macierzy, które instalowane są w obudowach serwerów stanowią kieszenie przeznaczone na dyski twarde, które umożliwiają wymianę tych dysków w czasie normalnej pracy serwera, zapewniają im również komfortowe warunki pracy, dzięki łatwej rozbudowie o chłodzenie. 55% wszystkich usterek macierzy zbudowanej o interfejs SCSI wynika z awarii dysku twardego na skutek niewłaściwego mocowania, niewłaściwej obudowy, przegrzania, źle dobranych kabli sygnałowych oraz terminatorów.



Obecnie około 80% macierzy dyskowych, jakie są stosowane stanowią rozwiązania PCI - to - SCSI. Wyższe od macierzy z dyskami IDE koszty tego typu urządzeń rekompensowane są z nawiązką wyższymi transferami oraz większą elastycznością i możliwościami. Przykładem tej elastyczności może być rozbudowa w czasie pracy macierzy dyskowej. Wybór opisywanego rodzaju macierzy dyskowej może być również podyktowany większą liczbą sterowników przeznaczonych do konkretnego systemu operacyjnego. Duże znaczenia mają także uwarunkowania historyczne. Rozwiązania typu PCI - to - SCSI pojawiły się na tynku jako pierwsze i są najdłużej stosowane, a przez to również najlepiej znane zarówno użytkownikom jak i dystrybutorom. Nowe rozwiązania zawsze pociągają za sobą pewną nieufność oraz niechęć, która nie jest zawsze uzasadniona.

## **16. PCI - to - IDE**

Kontrolery PCI - to - IDE potrafią obsługiwać standardowo po dwa kanały, co umożliwia zbudowanie macierzy dyskowej, która składa się z czterech dysków. Jeżeli komputer wyposażony jest w dwa kontrolery tego typu to możliwe jest zbudowanie macierzy obsługującej nawet 8 dysków. Stosując na przykład 8 dysków o pojemności 200 GB uzyskamy pojemność macierzy rzędu aż 1,6 TB, w przypadku RAID 0 lub 800 GB w przypadku RAID 1. Tego typu objętości macierzy dyskowych w zupełności wystarczą na niewielkie potrzeby małych firm.

Opisywane kontrolery działają zupełnie niezależnie od standardowych kontrolerów zainstalowanych w płycie głównej komputera. Również w tym wypadku możliwa jest wymiana dysku twardego już w czasie jego pracy, o ile zainstalowaliśmy w obudowie komputera odpowiednie kieszenie.

Można również wskazać dysk zapasowy, czyli hot spare, na którym nastąpi automatyczna odbudowa systemu w wypadku wykrycia usterki któregoś z dysków pracującej macierzy. Kontrolery PCI - to - IDE potrafią obsługiwać dyski począwszy od UltraATA/33, aż do UltraAta/133, a najnowsze konstrukcje obsługują również dyski SerialATA oraz SerialATA2. Kontrolery tego typu współpracują z większością nowych systemów operacyjnych, takich jak Windows 2000, czy Windows XP.

Obsługują one RAID na poziomach 0, 1 oraz 0+1 zapewniając transfery rzędu dziesiątek Mb/s

w przypadku RAID0 albo bezpieczeństwo zapisywania danych w przypadku RAID 1 oraz RAID 0+1. W ostatnim czasie na rynku pojawiła się nowa rodzina kontrolerów PCI - to - IDE, która obsługuje każdy poziom macierzy: 0,1,2,3,5, w tym macierze dwukanałowe i trzykanałowe wyposażone we własną pamięć typu cache oraz dodatkowy mikroprocesor podnoszący dodatkowo wydajność kontrolera. Pierwsze kontrolery tego typu wyprodukowały firmy Accusys, Adapter oraz Promise. Tego typu rozwiązania skierowane są zwłaszcza do klientów indywidualnych, a także do małych firm, których wymagania nie są duże i decydujące znaczenie mają względy finansowe danego rozwiązania.



## 17. SCSI - to - SCSI

Macierze tego typu są najbardziej uniwersalne i stosowane są niezależnie od używanego systemu operacyjnego czy sprzętu komputerowego. W zasadzie nie mają żadnego ograniczenia pojemności, stosowane są w nich interfejsy Ultra2, Ultra160, a także Differential oraz Fibre Channel.

Macierze SCSI - to - SCSI zapewniają swoim właścicielom najwyższy możliwy poziom bezpieczeństwa. Do standardu weszły już nadmiarowe zasilacze typu hot swap oraz wentylatory i kieszenie przeznaczona na dyski twarde. Coraz częściej stosowane są obudowy kontrolujące poprawność pracy każdego elementu macierzy razem z ich temperaturą oraz wysyłające te informacje prosto do kontrolera macierzowego. Macierze tego typu zgodne są ze specyfikacją SAF - TE, czyli z SCSI Accessed Fault - Tolerant Enclosures, która to norma standaryzuje sposób monitorowania stanu dysku, zasilacza oraz systemu chłodzenia. Opisywane dane, a także dane, które pochodzą z ciągłej samodiagnostyki kontrolera macierzy dają nam pełny obraz pracy całej macierzy, który może być bezustannie raportowany na ekranie administratora. Można także przesyłać te informacje w dowolne miejsca i do dowolnych osób znajdujących się w obrębie sieci LAN lub WAN.

Źródłem awarii w macierzy może także stać się sam kontroler, chociaż zazwyczaj jest on jednym z najbardziej niezawodnych podzespołów komputera. Aby jednak zwiększyć bezpieczeństwo przechowywania danych zaczęły być stosowane rozwiązania posiadające dwa nadmiarowe kontrolery macierzowe typu hot swap, które potrafią zapewnić ciągłość pracy macierzy RAID w wypadku awarii jednego z nich lub awarii któregoś z zainstalowanych w nim modułu pamięci. Doskonałym przykładem są

tutaj kontrolery serii Sentinel oraz Eon produkowane przez firmę Infortrend: są one nadmiarowymi parami, chociaż mogą być ze sobą łączone w przypadku rozbudowy systemu.

Kontrolery mają możliwość pracy równocześnie z wieloma serwerami, a to dzięki dowolności w definiowaniu kanałów jako Driver lub Host. Macierze posiadające takie właściwości są dedykowane do pracy w dużych systemach komputerowych a także w sieciach typu SAN. W związku z tym można zaobserwować tendencję do stosowania interfejsu Fibre Chanel oraz dużej pojemności pamięci typu cache kontrolerów macierzowych, która dochodzi do nawet 1 GB.



## 18. RAIT

RAIT z języka angielskiego oznacza Redundant Array of Inexpnsive Tapes. Jak sama nazwa wskazuje jest to wersja pamięci dyskowej, która wykorzystuje taśmę magnetyczną. Pomimo tego, że taśma magnetyczna posiada ograniczenia, które wynikają z pewnej sekwencyjności zapisu danych na nośniku, dzięki równoległemu zapisowi informacji na kilka taśm w tym samym momencie możemy znacznie zwiększyć szybkość kopiowania, a odpowiednie mechanizmy nadmiarowości zapewniają odporność na błędy i zabezpieczają przed bezpowrotną utratą danych w wyniku awarii którejś z taśm.

RAIT: archiwalna autostrada ery zettabajtów

Jeśli chodzi o opisanie naszych przyszłych potrzeb w zakresie przechowywania archiwów, czasami posługujemy się analogią motoryzacyjną. Na początku jeden pas w każdym kierunku był wystarczający do obsługi istniejącego ruchu. Potem pojawiły się drogi dwujezdniowe, ale to wciąż było za mało. Teraz autostrady zbudowane w celu zastąpienia tych wcześniejszych rozbudów zaczynają być zatłoczone. Zapotrzebowanie na dodatkową przepustowość pasów będzie nieprzerwanie rosło. Jak zbudować autostradę archiwalną dla ery zettabajtów?

Cyfrowy wszechświat mniej więcej podwaja się co dwa lata, głównie z powodu gwałtownego wzrostu liczby połączonych urządzeń i czujników. Co ciekawe, ten nowy cyfrowy świat nie tylko przesuwa granice mocy obliczeniowej, przepustowości i pojemności, ale także zmienia lokalizację sposobu tworzenia i wykorzystywania informacji. „Środek ciężkości” przesuwa się z centrum danych do

inteligentnej krawędzi złożonej z miliardów punktów końcowych. Gartner szacuje, że do 2020 roku w Internecie Rzeczy będzie 20 miliardów węzłów, napędzając rynek o wartości 11 bilionów dolarów do 2025 roku.

Większość danych stanie się przejściowa. Będzie generowany przez urządzenia mobilne i udostępniany lub przetwarzany w chmurze, gdy jest „aktywny”. Następnie, gdy jego użyteczność i współczesność maleją, będzie dynamicznie klasyfikowany i deduplikowany przy użyciu sztucznej inteligencji, przechodząc przez stos pamięci masowej, aż spocznie na taniej platformie pamięci masowej.

W tym momencie zostaną one ponownie sklasyfikowane jako dane archiwalne: o niskim priorytecie, rzadko dostępne, ale nadal o potencjalnej (prawdopodobnie nieograniczonej) wartości w przyszłości.

Ale co właściwie oznacza „większość danych stanie się przejściowa”? Według IDC, chociaż oczekuje się, że cyfrowy wszechświat osiągnie 163 ZB do 2025 r., „tylko” 7 ZB będzie faktycznie przechowywanych. A z tych 7 ZB „tylko” 2,25 ZB będzie najlepiej pasować do niedrogiej, bezpiecznej technologii długoterminowego przechowywania danych, takiej jak taśma. W tym przypadku wciąż używamy „” wokół słowa „tylko”, ponieważ 2,25 ZB to wciąż 2,25 biliona terabajtów danych! Bez ulepszeń gęstości powierzchniowej przewidzianych dla LTO Ultrium (taśmy o pojemności 96 TB powinny być dostępne do 2025 r.), do przechowywania tak dużej ilości archiwalnych lub zimnych danych potrzeba byłoby dziesięciokrotnie większej liczby obecnie wysyłanych kaset.

### **Zalety taśmy w budowaniu autostrady archiwalnej**

Szybkie wchodzenie i wychodzenie danych pozostaną niezwykle ważne, aby uniknąć zatorów.

Z ekonomicznego punktu widzenia taśma jest nadal najbardziej efektywną opcją TCO do długoterminowego przechowywania rzadko używanych, ale niezbędnych danych. Będzie to miało również wyraźne zalety pod względem wydajności. Często pomijaną cechą planów rozwoju dysków twardych i taśm jest to, że podczas gdy konsorcjum Information Storage Industry Consortium (INSIC) przewiduje, że wzrost wydajności dysków twardych będzie wolniejszy i może spaść nawet do 5% CAGR do 2025 r., wzrost szybkości transmisji danych na taśmach LTO wyniesie IRO 20 -25% w tym samym przedziale czasowym. Dzięki temu taśma lepiej nadaje się do odzyskiwania ogromnych ilości nieustrukturyzowanych danych w celu przeniesienia ich na szybszą platformę, taką jak wysokowydajny dysk lub pamięć flash, w celu analizy. Mówiąc najprościej, aby przesłać bardzo duże ilości danych do lub ze stanu wstrzymania animacji,

Ta przewaga może zostać wzmocniona dzięki systemowi wdrażania taśm, który jest obecnie wdrażany w niektórych intensywnych instalacjach o wysokiej wydajności, takich jak US Oak Ridge National Computing Laboratory. Chociaż nie są one jeszcze głównym nurtem, w przyszłości omawiana ilość danych i przepustowość przeniknie do zastosowań średniej klasy, tak samo jak technologia Formuły 1

ostatecznie trafi na rynek samochodów masowych. Ten zaawansowany system taśm nosi nazwę RAIT, Redundant Array of Independent Tape.

### Nadmiarowa macierz niezależnych taśm

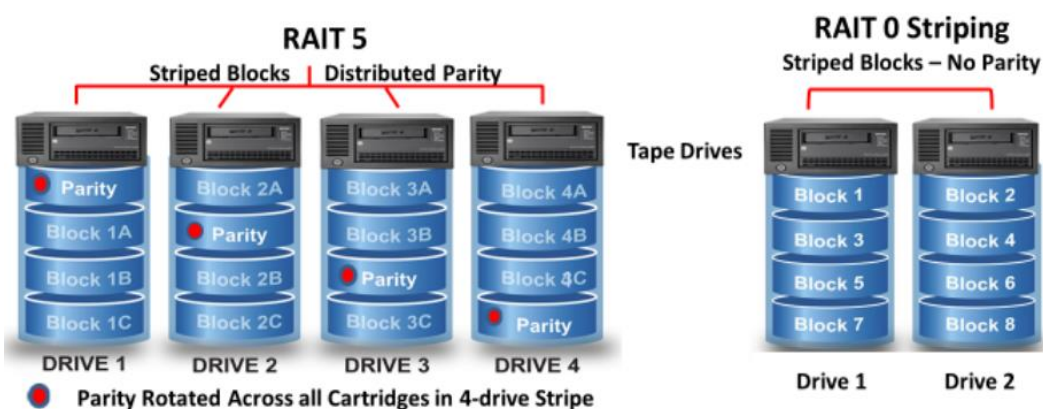
RAIT poprawia przepustowość dużych plików sekwencyjnych, tworząc wiele równoległych strumieni danych w podsystemie taśmowym i, podobnie jak w przypadku RAID, może również zapewniać różne stopnie odporności na awarie w celu zwiększenia dostępności.

Poziomy RAIT są realizowane za pomocą oprogramowania, w zależności od liczby napędów taśmowych w konfiguracji macierzy; jak krytyczne jest odzyskiwanie dysku w przypadku awarii; i jak ważna jest maksymalizacja przepustowości taśmy. Szybkość przesyłania danych jest ograniczona do najwolniejszego dysku w pasku, chociaż idealnie byłoby, gdyby wszystkie dyski RAIT były tej samej generacji - np. wszystkie LTO-6, wszystkie LTO-7. Podobnie jak RAID, RAIT może oferować nadmiarowość danych bez konieczności tworzenia wielu kopii. Striping i parzystość to klucze do implementacji RAID i RAIT.

Dzięki przeplotowi danych RAIT dane są rozdzielane na wiele urządzeń taśmowych, dzięki czemu bloki danych są przetwarzane równolegle i wysyłane na taśmy w wielu napędach jednocześnie. To znacznie zwiększa przepustowość. Tymczasem wszystkie te fizyczne dyski rozłożone są wirtualizowane, aby wyglądały jak jeden dysk. Pasek RAIT może obejmować do 16 dysków w zależności od używanego oprogramowania, podobnie jak szesnaście pasów ruchu pojazdów na fizycznej autostradzie.

Podobnie jak w przypadku konwencjonalnej macierzy RAID, parzystość zapewnia rozłożonym systemom RAIT zdolność tolerancji błędów w celu zwiększenia dostępności. W zależności od priorytetów, przepustowości i tolerancji błędów, RAIT może być używany z parzystością lub bez.

### Przegląd niektórych poziomów RAIT



Poziom	Opis	Kluczowa zaleta
RAID 0 RAIT 0	Układ w paski bez tolerancja błędów - 2 jeździ minimalnie	Zapewnia rozłożenie danych (rozłożenie bloków każdego pliku na wiele dysków), ale bez nadmiarowości. To znacznie poprawia wydajność, ale nie zapewnia odporności na awarie. Jeśli jeden dysk ulegnie awarii, wszystkie dane w macierzy zostaną utracone.
RAID 1 RAIT 1	Odzwierciedlanie i dupleks - min.2 napędy	Zapewnia dublowanie dysku lub taśmy. Poziom 1 zapewnia dwa razy większą szybkość transakcji odczytu pojedynczych dysków i taką samą szybkość transakcji zapisu pojedynczych dysków. Jest to najbardziej kosztowna opcja, ponieważ podwaja liczbę wymaganych napędów i nośników oraz zapewnia 50% wydajność pojemności.
RAID 4 RAIT 4	Paski na poziomie bloków na wielu dyskach - min.3 dyski	RAIT 4 rozkłada dane na poziomie bloku. Oblicza i przechowuje parzystość na dedykowanym dysku. Dobre dla wysokowydajnych plików sekwencyjnych. Żądania zapisu mogą cierpieć z powodu wąskiego gardła dedykowanego napędu parzystości.
RAID 5 RAIT 5	Paskowanie z przeplotem bloków z parzystością pojedynczych pasków - min. 3 napędy	Identyczny jak RAID 4 z dodatkowym zabezpieczeniem rotacyjnej parzystości. Dzięki dyskowi typu hot-spare dla RAID dane z uszkodzonego dysku mogą zostać odbudowane w celu ochrony przed awarią drugiego dysku. Dobrze równoważy dostępność danych i wydajność odczytu/zapisu, najpopularniejszy poziom RAIT i RAID

Porównanie poziomów RAID							
Features	RAID 0	RAID 1	RAID 5	RAID 6	RAID 10	RAID 50	RAID 60
Minimalna liczba napędów	2	2	3	4	4	6	8
Tolerancja błędów	Brak	Pojedynczy napęd	Pojedynczy napęd	Dwa napędy	Do jednej awarii dysku w każdej podmacierzy	Do jednej awarii dysku w każdej podmacierzy	Do dwóch awarii dysków w każdej podmacierzy
Odczyt wydajności	Wysoki	Średni	Niski	Niski	Wysoki	Wysoki	Wysoki
Wydajność zapisu	Wysoki	Średni	Niski	Niski	Średni	Średni	Średni
Wykorzystanie pojemności	100%	50%	67% -94%	50% -88%	50%	67% - 94%	50% - 88%
Typowe aplikacje	Wysokiej klasy stacje robocze, rejestrowanie danych, renderowanie w czasie rzeczywistym, bardzo dużo danych transakcyjnych	Dane przejściowe systemów operacyjnych	baza, serwer sieciowy, archiwizacja	„Hurtownia” danych, kopie zapasowe na dysk, wysoka dostępność, rozwiązania, „Archiwum danych”, „serwery o dużych wymaganiach dotyczących pojemności	Szybkie bazy danych, serwery plików, aplikacje serwerowe	Duże bazy danych, serwery plików, serwery aplikacji	Archiwum danych, backup na dysk, rozwiązania wysokiej dostępności, serwery o dużych wymaganiach pojemnościowych

### Przykłady symulatorów macierzy dyskowych RAID:

1. mdadm RAID Simulator: to symulator dla macierzy dyskowych RAID obsługiwanych przez narzędzie mdadm w systemach Linux. Symulator ten pozwala na eksperymentowanie z różnymi konfiguracjami RAID, takimi jak RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 6 itp. Można go używać do symulacji awarii dysków i testowania mechanizmów odtwarzania danych w macierzach RAID. Jeśli korzystasz z dystrybucji Ubuntu lub Debian, możesz zainstalować mdadm, uruchamiając następujące polecenie w terminalu: `sudo apt-get install mdadm`
2. [Intel® RAID Simulator](#): symulator jest dostarczany przez firmę Intel i umożliwia symulowanie różnych typów macierzy RAID obsługiwanych przez ich kontrolery RAID. Jest to przydatne narzędzie do eksperymentowania z różnymi konfiguracjami RAID i badania ich wydajności oraz odporności na awarie.

3. Dell EMC RAID Simulator: Firma Dell EMC udostępnia również symulator macierzy dyskowych RAID dla swoich rozwiązań RAID. Ten symulator pozwala na tworzenie wirtualnych macierzy RAID i testowanie różnych scenariuszy awarii oraz strategii odzyskiwania danych.
4. [NetApp RAID Simulator](#): NetApp, jeden z wiodących producentów rozwiązań pamięci masowej, udostępnia symulator macierzy dyskowych RAID. Ten symulator pozwala na tworzenie i zarządzanie wirtualnymi macierzami RAID w środowisku NetApp ONTAP oraz symulowanie awarii i testowanie mechanizmów odtwarzania danych.
5. [RAID dla 12 GB/Intel® RAID Controller s](#): Firma Intel udostępnia publicznie narzędzie o nazwie Intel® Virtual RAID on CPU (Intel® VROC) RAID Simulator, które umożliwia symulowanie macierzy dyskowych RAID obsługiwanych przez Intel® RAID.

Warto zaznaczyć, że niektórzy producenci sprzętu i oprogramowania RAID dostarczają własne symulatory, które są zoptymalizowane pod kątem ich własnych produktów. Dlatego, jeśli korzystasz z konkretnego sprzętu lub oprogramowania RAID, warto sprawdzić, czy dostawca udostępnia symulator dedykowany dla swojego rozwiązania.

#### [Ćwiczenie dotyczące macierzy dyskowych RAID](#)

Czytaj więcej na [https://www.bryk.pl/wypracowania/pozostale/informatyka/15858-macierze-dyskowe-raid.html#utm\\_source=paste&utm\\_medium=paste&utm\\_campaign=other](https://www.bryk.pl/wypracowania/pozostale/informatyka/15858-macierze-dyskowe-raid.html#utm_source=paste&utm_medium=paste&utm_campaign=other)

<https://www.backupworks.com/RAIT-redundant-array-of-independent-tape.aspx>

Pomoc techniczna do [Interaktywna symulator RAID 4 dla 12 GB/s](#)