

RAID

Definicja

RAID (ang. *Redundant Array of Independent Disks*, nadmiarowa macierz niezależnych dysków) – polega na współpracy dwóch lub więcej dysków twardych w taki sposób, aby zapewnić dodatkowe możliwości, nieosiągalne przy użyciu jednego dysku.

RAID używa się w następujących celach:

- zwiększenie niezawodności (odporność na awarie),
- zwiększenie wydajności transmisji danych,
- powiększenie przestrzeni dostępnej dla danych stanowiących jedną całość.

Podczas projektowania macierzy RAID uwzględniane są różnorodne zastosowania pamięci masowej w systemach komputerowych. Przeznaczenie macierzy implikuje wybór odpowiednich technologii w zakresie dysków, kontrolerów, pamięci podręcznej, sposobu przesyłania danych oraz poziomu niezawodności (odpowiedniej nadmiarowości/redundancji podzespołów i połączeń).

Standardowe poziomy RAID

Poziom RAID	Minimalna liczba dysków (N)	Dostępna przestrzeń	Maksymalna liczba dysków, które mogą ulec awarii bez utraty danych
RAID 0	2	N	0
RAID 1	2	1	N – 1
RAID 2	Nie omawiany	Nie omawiany	Nie omawiany
RAID 3	3	N – 1	1
RAID 4	3	N – 1	1
RAID 5	3	N – 1	1
RAID 6	4	N – 2	2
RAID 0+1	4	zależnie od konfiguracji	zależnie od konfiguracji
RAID 1+0	4	zależnie od konfiguracji	zależnie od konfiguracji

RAID 0

RAID 0 (ang. *RAID Level 0*) – dane na dyskach zapisywane są w blokach z przeplotem na dyskach.

Dla dwóch identycznych dysków dzięki temu poziomowi uzyskujemy dwa razy większą pojemność i w przybliżeniu dwa razy większą prędkość odczytu i zapisu.

Warunkiem uzyskania takiego przyspieszenia jest operowanie na sekwencjach bloków danych większych niż pojedynczy blok danych – technika *stripping* (*paskowanie*).

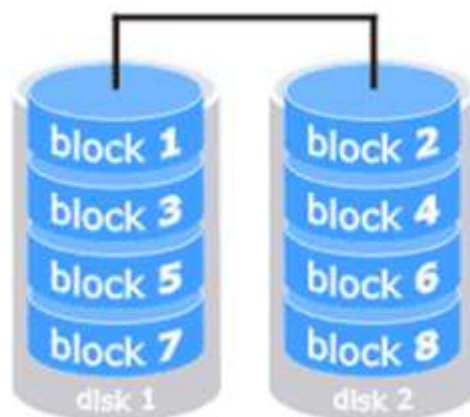
Zalety:

Gdy łączymy różne dyski uzyskana pojemność jest dwa razy większa od najmniejszego dysku, a prędkość dwa razy większa od najwolniejszego dysku.

Wada:

Brak bezpieczeństwa. Wystarczy że jeden z dysków ulegnie awarii i dane są nie do odzyskania. Prawdopodobieństwo uszkodzenia pojedynczego dysku w okresie pierwszych trzech lat jego używania wynosi około 3%.

RAID 0



Striping

Przykład:

Liczba dysków = 2

Pojemność 1 dysku = 1 TB

Pojemność macierzy = 2 TB

RAID 1

RAID 1 (ang. *RAID Level 1*) – dane na dyskach zapisywane są jednocześnie na obu dyskach.

Zwany także **mirroringiem**, dlatego że jeden dysk jest lustrzanym odbiciem drugiego. Dane zapisywane są równolegle na oba dyski. Dzięki temu poziomowi uzyskujemy bezpieczeństwo danych kosztem pojemności.

Wielkość macierzy jest równa najmniejszemu dyskowi, a prędkość przy odczycie zwykle jest większa. Natomiast prędkość zapisu mniejsza od prędkości najwolniejszego dysku.

Zalety:

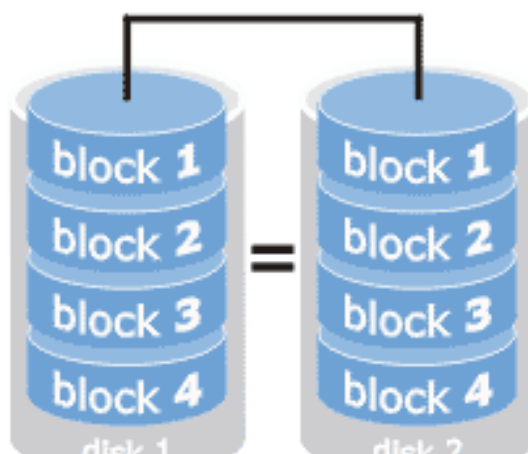
Zwiększenie bezpieczeństwa danych zapisywanych na dysku. W przypadku awarii jednego dysku, identyczne dane są dostępne na drugim bez potrzeby ingerencji administratora.

Prawdopodobieństwo uszkodzenia macierzy i utraty danych wynosi około 0,09%

Wada:

Przy tym samym koszcie jak dla RAID 0 uzyskujemy mniejszą pojemność. Instalacja dwóch identycznych dysków daje pojemność macierzy równą pojemności pojedynczego dysku.

RAID 1 mirroring



Przykład:

Liczba dysków = 2

Pojemność 1 dysku = 1 TB

Pojemność macierzy = 1 TB

RAID 3

RAID 3 (ang. *RAID Level 3*) – dane zapisywane są na N-1 dyskach, a ostatni dysk służy do przechowywania sum kontrolnych. Działa jak RAID 0 lecz ostatni dysk przechowuje wyłącznie kody parzystości obliczane przez specjalny procesor

Zalety:

Odporność na awarię 1 dysku.

Zwiększona szybkość odczytu.

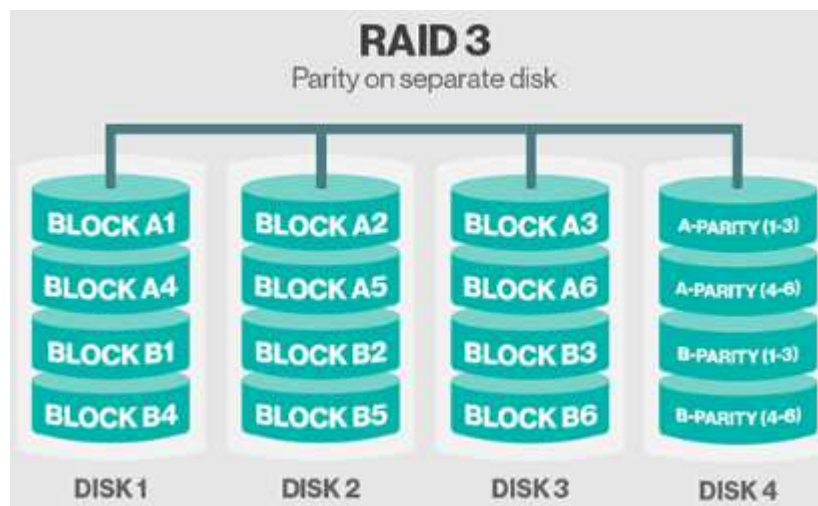
Wady:

Zmniejszona szybkość zapisu z powodu konieczności kalkulowania sum kontrolnych (eliminowana poprzez zastosowanie sprzętowych kontrolerów RAID).

W przypadku awarii dysku dostęp do danych jest spowolniony z powodu obliczeń sum kontrolnych.

Odbudowa macierzy po wymianie dysku jest operacją kosztowną obliczeniowo i powoduje spowolnienie operacji odczytu i zapisu.

Pojedynczy, wydzielony dysk na sumy kontrolne zazwyczaj jest "wąskim gardłem" w wydajności całej macierzy.



Przykład:

Liczba dysków = 4

Pojemność 1 dysku = 1 TB

Pojemność macierzy = 3 TB

RAID 4

RAID 4 (ang. RAID Level 4) – dane na dyskach zapisywane są jednocześnie na obu dyskach.

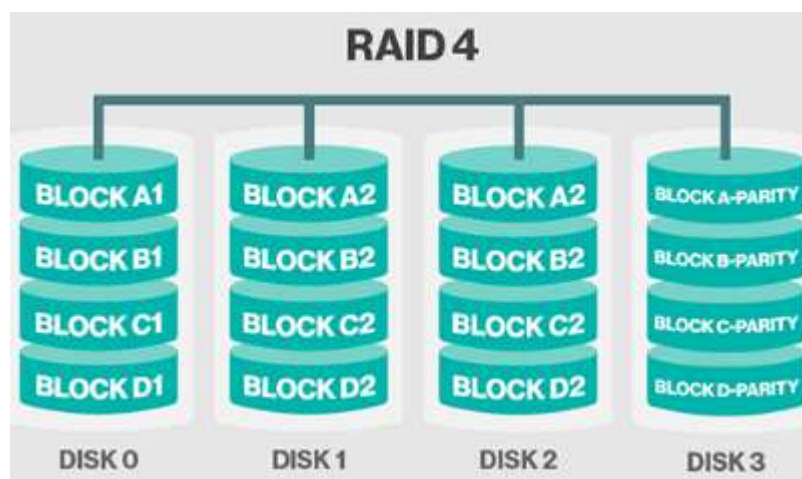
RAID 4 jest bardzo zbliżony do RAID 3, z tą różnicą, że dane są dzielone na większe bloki (16, 32, 64 lub 128 kB). Takie pakiety zapisywane są na dyskach podobnie do rozwiązania RAID 0. Dla każdego rzędu zapisywanych danych blok parzystości zapisywany jest na dysku parzystości.

Zaleta:

Parametry RAID 4 są bardzo dobre dla sekwencyjnego zapisu i odczytu danych (operacje na bardzo dużych plikach).

Wada:

Jednorazowy zapis małej porcji danych potrzebuje modyfikacji odpowiednich bloków parzystości dla każdej operacji I/O. W efekcie, za każdym razem przy zapisie danych system czekałby na modyfikację bloków parzystości, co przy częstych operacjach zapisu bardzo spowolniłoby pracę systemu.



Przykład:

Liczba dysków = 4

Pojemność 1 dysku = 1 TB

Pojemność macierzy = 3 TB

RAID 5

RAID 5 (ang. RAID Level 5) – dane na dyskach zapisywane są jednocześnie na obu dyskach. Poziom 5 pracuje bardzo podobnie do poziom 4 z tą różnicą, iż **bity parzystości** nie są zapisywane na specjalnie do tego przeznaczonym dysku, lecz są **rozpraszane po całej strukturze macierzy**.

RAID 5 umożliwia odzyskanie danych w razie awarii jednego z dysków przy wykorzystaniu danych i kodów korekcyjnych zapisanych na pozostałych dyskach (co daje lepsze gwarancje bezpieczeństwa).

RAID 5 oferuje większą prędkość odczytu niż lustrzany (ang. mirroring) ale przy jego zastosowaniu nieznacznie spada prędkość zapisu.

W razie awarii system automatycznie odbuduje utracone dane, tak by mogły być odczytywane, zmniejszając jednak bieżącą wydajność macierzy. Spowolnienie ma charakter przejściowy, zaś jego czas zależy od obciążenia macierzy i pojemności dysku. Po zamontowaniu nowego dysku i odbudowaniu zawartości dysku wydajność macierzy wraca do normy.

Macierz składa się z 3 lub więcej dysków.

Przy macierzy liczącej N dysków jej objętość wynosi $N - 1$ dysków. Przy łączeniu dysków o różnej pojemności otrzymujemy objętość najmniejszego dysku razy $N - 1$. Sumy kontrolne danych dzielone są na N części, przy czym każda część składowana jest na innym dysku, a wyliczana jest z odpowiedniego fragmentu danych składowanych na pozostałych $N-1$ dyskach.

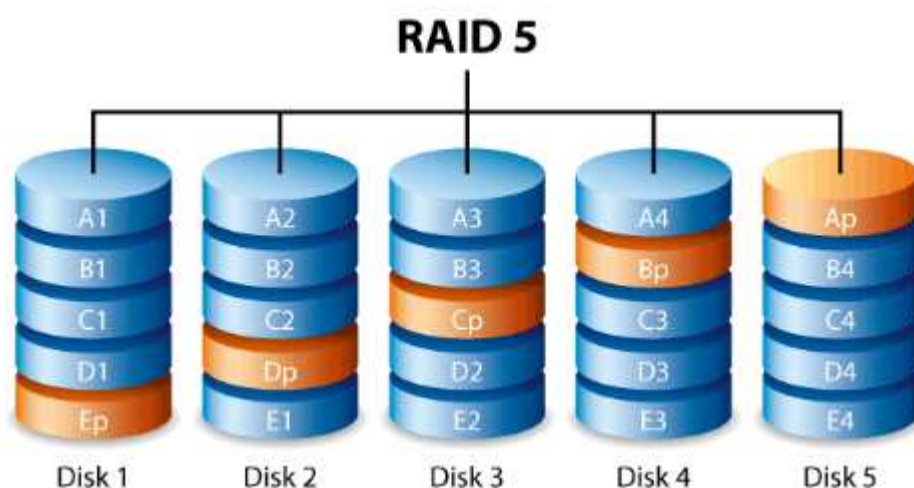
Zalety:

Bardzo dobry poziom bezpieczeństwa danych zapisywanych na dysku, dzięki zapisywaniu danych nadmiarowych i rozproszonych bitów parzystości.

Wysoki transfer danych dzięki technice paskowania.

Wady:

Słaby transfer danych przy zapisie. Wymaganie instalacji minimum 3 dysków.



Przykład:

Liczba dysków = 5

Pojemność 1 dysku = 1 TB

Pojemność macierzy = 4 TB

RAID 6

RAID 6 (ang. *RAID Level 6*) – rozszerzona wersja RAID 5, w której występują dwie niezależne sumy kontrolne. Realizacja kosztowna w implementacji, ale dająca bardzo wysokie bezpieczeństwo.

Przy macierzy liczącej N dysków jej objętość wynosi $N - 2$ dysków.

Zalety:

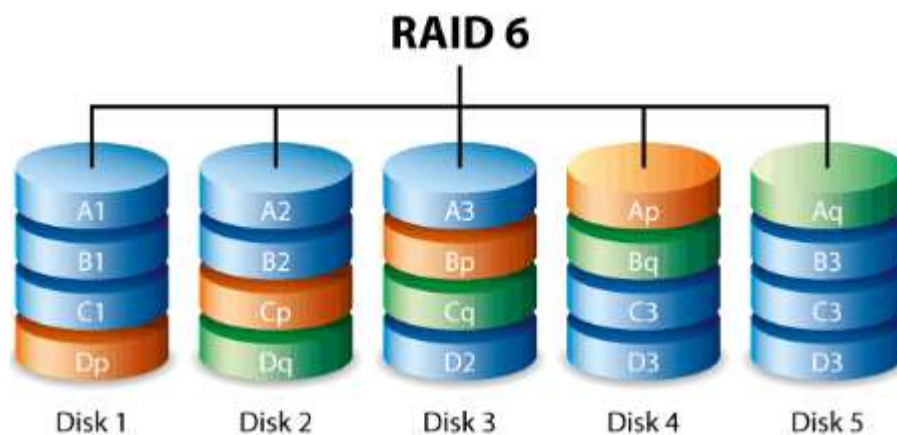
Awaria dwóch dowolnych dysków w tym samym czasie nie powoduje utraty danych. Ekstremalnie wysokie bezpieczeństwo.

Szybkość pracy większa niż szybkość pojedynczego dysku.

Wady:

Realizacja kosztowna w implementacji.

Wymaganie instalacji minimum 4 dysków.



Przykład:

Liczba dysków = 5

Pojemność 1 dysku = 1 TB

Pojemność macierzy = 3 TB

RAID 0+1

RAID 0+1 – macierz realizowana jako RAID 0 zawierająca macierz RAID 1.

Posiada zalety macierzy RAID 0:

głównie szybkość operacji zapisu i odczytu

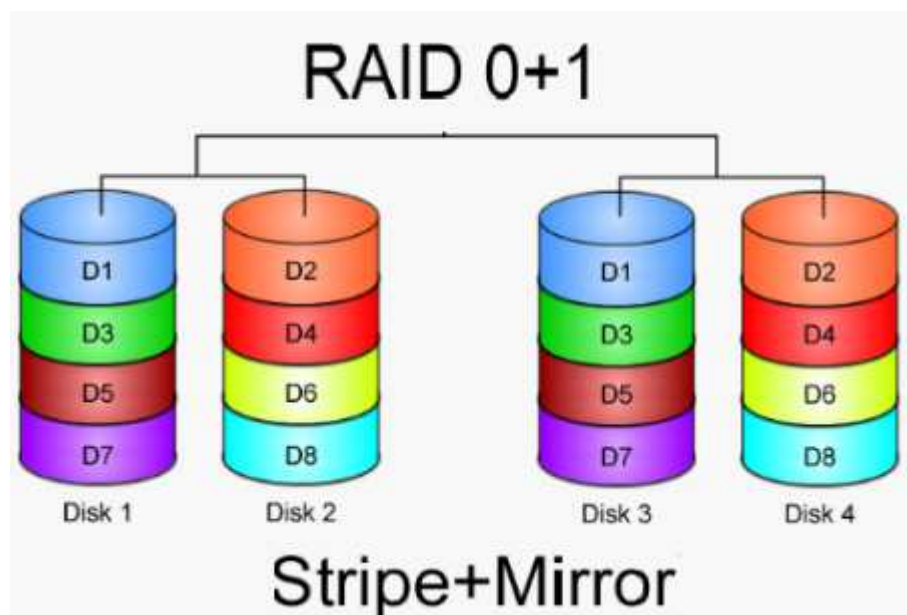
oraz

zalety macierzy RAID 1:

głównie bezpieczeństwo danych

Wada:

wymagane minimum 4 dyski



Przykład:

Liczba dysków = 4

Pojemność 1 dysku = 1 TB

Pojemność macierzy = 2 TB

RAID 1+0

RAID 1+0 – macierz realizowana jako RAID 1 zawierająca macierz RAID 0.

Posiada zalety macierzy RAID 1:

głównie bezpieczeństwo danych

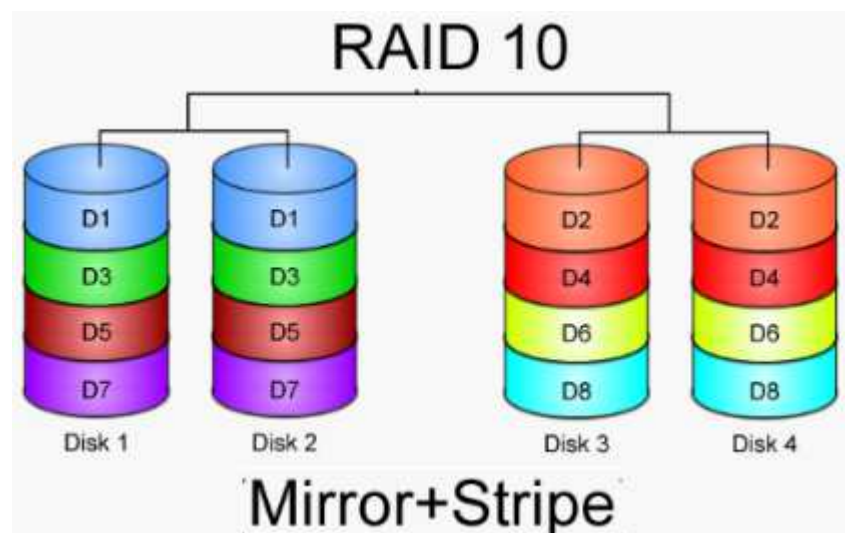
oraz

zalety macierzy RAID 0:

głównie szybkość operacji zapisu i odczytu

Wada:

wymagane minimum 4 dyski



Przykład:

Liczba dysków = 4

Pojemność 1 dysku = 1 TB

Pojemność macierzy = 2 TB

RAID

Realizacja

RAID realizacja sprzętowa - w celu utworzenia tego rodzaju macierzy potrzebny jest specjalny dedykowany kontroler, do którego podłącza się dyski.

RAID realizacja programowa – wbudowane rozwiązania w systemie operacyjnym do tworzenia macierzy dysków twardych.

Cechy oraz zalety i wady realizacji sprzętowej

- Zaletą takiego rozwiązania jest **większa** wydajność i brak **dodatkowego wykorzystania zasobów procesora**.
- Wadą takiego rozwiązania jest **cena kontrolera**.
- Ten rodzaj macierzy jest polecany w przypadku, gdy potrzebna jest duża wydajność i niezawodność pamięci masowej.

Cechy oraz zalety i wady realizacji programowej

- Dyski są podłączane bezpośrednio do istniejących na płycie głównej kontrolerów.
- **Zaletą jest brak potrzeby zakupu** dodatkowych elementów oprócz samych dysków.
- Główna wada to **mniejsza wydajność** - RAID programowy wykorzystuje procesor główny CPU do wykonywania obliczeń dyskowych.
- Obecnie większość systemów operacyjnych (Linux, Windows, FreeBSD) oferuje wbudowane gotowe rozwiązania programowe do tworzenia macierzy RAID. Są one często niekompatybilne ze sobą.
- Istnieją również rozwiązania pośrednie, tzw. FakeRAID - wiele płyt głównych umożliwia włączenie w BIOS opcji RAID. Nie jest to rozwiązanie RAID sprzętowego, ponieważ większość tego typu rozwiązań zintegrowanych z płytami głównymi wykorzystuje procesor do przetwarzania operacji dyskowych i sum kontrolnych.
- Wada: mogą wystąpić problemy ze znalezieniem odpowiednich sterowników, które obsługują tego typu macierz w danym systemie operacyjnym.