RAID i kontrolery: sprzętowy, programowy i HBA dla S2D

Poziom: średnio

Dotyczy: kontrolery RAID i HBA, mdadm (Rocky Linux 9), Windows Server 2022 (Storage Spaces Direct)

Czas: ~50 min

RAID łączy kilka dysków w jeden wolumen odporny na awarię dysku, ale robi to na trzy różne sposoby: w kontrolerze, w systemie albo w oprogramowaniu klastra. Wyjaśniamy, kiedy który ma sens, dlaczego S2D wymaga kontrolera w trybie przezroczystym, po co kontroler ma baterię i dlaczego odbudowa trwa godzinami. Komendy z Fiszki wykonujemy jako administrator albo root, a wyniki są poglądowe.

Skróty użyte na tej stronie (16)

Skrót	Co znaczy
BBU	Battery Backup Unit: bateria przy kontrolerze RAID, która podtrzymuje jego pamięć podręczną przy utracie zasilania
BIOS	Basic Input/Output System: oprogramowanie płyty głównej, które startuje komputer
BMC	Baseboard Management Controller: osobny malutki komputer na płycie serwera, który działa nawet przy wyłączonym serwerze i odczytuje m.in. temperatury czujników
GB	Gigabyte: miliard bajtów, jednostka pojemności pamięci i plików, tu najczęściej rozmiar modelu albo pamięci karty graficznej
HBA	Host Bus Adapter: karta, która tylko wystawia dyski systemowi, bez składania ich w macierz; wymagana w trybie przezroczystym dla S2D
JBOD	Just a Bunch Of Disks: tryb, w którym kontroler pokazuje każdy dysk osobno; nie zawsze jest prawdziwym trybem HBA
NAS	Network Attached Storage: dysk sieciowy
NVMe	Non-Volatile Memory Express: protokół komunikacji z dyskami SSD podłączonymi przez złącze PCIe, znacznie szybszy niż starsze SATA i SAS, typowy dla szybkich dysków systemowych
PCIe	PCI Express: szybka magistrala w komputerze, do której podłącza się karty i dyski NVMe
RAID	Redundant Array of Independent Disks: sposób łączenia kilku fizycznych dysków w jeden, widziany przez system jako pojedynczy dysk, zwykle z dodatkową odpornością na awarię jednego z nich

Skrót	Co znaczy
S2D	Storage Spaces Direct: programowa macierz Windows Server z dysków wielu serwerów
SAS	Serial Attached SCSI: złącze i magistrala dyskowa w serwerach, następca równoległego SCSI, pozwala podłączyć wiele dysków i macierzy przez jeden kontroler z większą przepustowością niż SATA; w Azure także Shared Access Signature: podpisany adres z tokenem, który daje czasowy dostęp do danych w koncie magazynu
SATA	Serial ATA: popularne złącze dyskowe znane z komputerów biurowych i tańszych serwerów, prostsze i wolniejsze niż SAS, typowe dla dysków klasy konsumenckiej
SCSI	Small Computer System Interface: standard podłączania dysków
UPS	Uninterruptible Power Supply: zasilacz awaryjny, podtrzymuje zasilanie urządzeń na czas zaniku napięcia z sieci
ZFS	system plików z migawkami i replikacją przyrostową zbudowany w jednym narzędziu z menedżerem wolumenów (dawniej Zettabyte File System)

Fiszka

TYLKO ODCZYT

Sprawdzenie, jak system widzi dyski: Get-PhysicalDisk

```
Get-PhysicalDisk | Select-Object FriendlyName, BusType, MediaType, CanPool,
CannotPoolReason
```

Dla S2D `BusType` ma pokazywać SAS, SATA albo NVMe. Wartość `RAID` oznacza, że kontroler ukrywa dyski za własnym wolumenem i S2D ich nie przejmie [1].

Przykład (poglądowy, hv02, dwa przypadki):

```
FriendlyName    BusType MediaType CanPool CannotPoolReason
------------    ------- --------- ------- ----------------
PhysicalDisk1   SAS     HDD       True
PhysicalDisk9   RAID    HDD       False   Insufficient Capacity
```

S2D = Storage Spaces Direct: programowa macierz Windows Server z dysków wielu serwerów · **SAS** = Serial Attached SCSI: złącze i magistrala dyskowa w serwerach, następca równoległego SCSI, pozwala podłączyć wiele dysków i macierzy przez jeden kontroler z większą przepustowością niż SATA; w Azure także Shared Access Signature: podpisany adres z tokenem, który daje czasowy dostęp do danych w koncie magazynu · **SATA** = Serial ATA: popularne złącze dyskowe znane z komputerów biurowych i tańszych serwerów, prostsze i wolniejsze niż SAS, typowe dla dysków klasy

konsumenckiej · **NVMe** = Non-Volatile Memory Express: protokół komunikacji z dyskami SSD podłączonymi przez złącze PCIe, znacznie szybszy niż starsze SATA i SAS, typowy dla szybkich dysków systemowych · **RAID** = Redundant Array of Independent Disks: sposób łączenia kilku fizycznych dysków w jeden, widziany przez system jako pojedynczy dysk, zwykle z dodatkową odpornością na awarię jednego z nich

□□ TYLKO ODCZYT

Sprawdzenie dysków widzianych przez system: Get-Disk

```
Get-Disk | Select-Object Number, FriendlyName, BusType, PartitionStyle, Size
```

Dysk systemowy hosta bywa wolumenem RAID z kontrolera, i to jest poprawne, bo dyski S2D oraz dysk systemowy to dwie osobne rzeczy.

□□ **RAID** = Redundant Array of Independent Disks: sposób łączenia kilku fizycznych dysków w jeden, widziany przez system jako pojedynczy dysk, zwykle z dodatkową odpornością na awarię jednego z nich · **S2D** = Storage Spaces Direct: programowa macierz Windows Server z dysków wielu serwerów

□□ TYLKO ODCZYT

Wylistowanie kontrolerów w Linuksie: lspci

```
lspci | grep -i -E "raid|sas|sata|non-volatile"
```

Pokazuje kontrolery RAID, HBA, SATA i NVMe widoczne na magistrali PCIe. Nazwa „RAID bus controller" mówi, że to układ RAID, a „Serial Attached SCSI controller" zwykle HBA.

□□ **RAID** = Redundant Array of Independent Disks: sposób łączenia kilku fizycznych dysków w jeden, widziany przez system jako pojedynczy dysk, zwykle z dodatkową odpornością na awarię jednego z nich · **HBA** = Host Bus Adapter: karta, która tylko wystawia dyski systemowi, bez składania ich w macierz; wymagana w trybie przezroczystym dla S2D · **SATA** = Serial ATA: popularne złącze dyskowe znane z komputerów biurowych i tańszych serwerów, prostsze i wolniejsze niż SAS, typowe dla dysków klasy konsumenckiej · **NVMe** = Non-Volatile Memory Express: protokół komunikacji z dyskami SSD podłączonymi przez złącze PCIe, znacznie szybszy niż starsze SATA i SAS, typowy dla szybkich dysków systemowych · **PCIe** = PCI Express: szybka magistrala w komputerze, do której podłącza się karty i dyski NVMe · **SCSI** = Small Computer System Interface: standard podłączania dysków · **lspci** = list PCI: wypisuje urządzenia na magistrali PCI, w tym kontrolery RAID, HBA i dyski NVMe

□□ TYLKO ODCZYT

Stan macierzy programowej mdadm: cat /proc/mdstat

```
cat /proc/mdstat
```

Przykład (poglądowy, bkp01, macierz RAID 6 w trakcie odbudowy):

```
Personalities : [raid6] [raid5] [raid4]
md0 : active raid6 sdf[5] sde[4] sdd[3] sdc[2] sdb[1] sda[0]
      7813772288 blocks super 1.2 level 6, 512k chunk, algorithm 2 [6/5] [UUUUU_]
      [==>..................]  recovery = 12.4% (242581504/1953443072) finish=412.7min
speed=69105K/sec
```

`[UUUUU_]` pokazuje, że jeden z sześciu dysków jest nieobecny, a linia `recovery` podaje postęp i szacowany czas.

RAID = Redundant Array of Independent Disks: sposób łączenia kilku fizycznych dysków w jeden, widziany przez system jako pojedynczy dysk, zwykle z dodatkową odpornością na awarię jednego z nich · **cat** = concatenate: sklej i wypisz pliki

TYLKO ODCZYT

Szczegóły macierzy mdadm: mdadm --detail

```
sudo mdadm --detail /dev/md0
```

> (gdzie `/dev/md0` to nazwa macierzy z `/proc/mdstat`)

mdadm = multiple devices admin: narzędzie programowych macierzy RAID w Linuksie

ZMIENIA SYSTEM

Sprawdzenie spójności macierzy mdadm: sync_action

```
echo check | sudo tee /sys/block/md0/md/sync_action
```

Uruchamia przejście po całej macierzy, które wykrywa niespójności i ukryte błędy odczytu zanim padnie drugi dysk. Zmienia stan systemu (obciąża dyski przez kilka godzin), więc planujemy to w nocy. Postęp widać w `/proc/mdstat`.

echo = od angielskiego echo: wypisuje podany tekst na standardowe wyjście, często łączone z przekierowaniem do pliku

TYLKO ODCZYT

Stan kontrolera RAID narzędziem producenta: storcli64 /c0 show

```
sudo storcli64 /c0 show
```

> (gdzie `storcli64` to narzędzie kontrolerów Broadcom/LSI, a inni producenci mają własne: `perccli64` dla Dell, `ssacli` dla HPE; polecenia sprawdzamy w dokumentacji narzędzia naszego kontrolera)

Zwykle pokazuje model kontrolera, wersję firmware, tryb pracy, stan wolumenów oraz stan baterii lub kondensatora. Nie wklejamy tu wyniku, bo nie znamy kontrolerów w naszych serwerach.

RAID = Redundant Array of Independent Disks: sposób łączenia kilku fizycznych dysków w jeden, widziany przez system jako pojedynczy dysk, zwykle z dodatkową odpornością na awarię jednego z nich · **storcli64** = storage command line 64-bit: narzędzie producenta do kontrolerów RAID Broadcom/LSI

Z życia wzięte

Z ŻYCIA WZIĘTE

Piątek, 14:50. Kupiony przez Tomka serwer testowy z kontrolerem RAID w trybie „JBOD" ma posłużyć do próby S2D, ale kreator klastra nie widzi żadnego dysku do dołączenia. W `Get-PhysicalDisk` widzimy `BusType` równe `RAID` i `CanPool` równe `False`, bo kontroler tylko udaje przezroczystość. Przestawiamy kontroler w tryb HBA (z restartem i kasowaniem konfiguracji), po czym dyski pokazują się jako SAS i S2D je przejmuje.

Skąd się wzięło

Pomysł RAID pochodzi z 1987 roku, z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley: David Patterson, Garth Gibson i Randy Katz opisali w 1988 roku sposób zastąpienia jednego drogiego dysku większą liczbą tanich, a nazwę RAID rozwijali jako „Redundant Array of Inexpensive Disks", czyli nadmiarowa macierz tanich dysków [2]. Później „tanich" zamieniono na „niezależnych" (Independent).

Kontrolery sprzętowe pojawiły się pierwsze, bo procesory były wtedy za wolne, żeby liczyć parzystość w systemie. Pierwsze serwery PC z macierzą, jak Compaq SystemPro z 1989 roku, miały kontroler macierzy na osobnej płycie [3]. Dzisiejsze procesory liczą parzystość bez trudu, więc dyskowe rozwiązania programowe (mdadm, Storage Spaces, ZFS) są codziennością.



Kontroler macierzy dyskowej z serwera Compaq SystemPro. Układy RAID od początku były osobnym

Kontroler macierzy dyskowej z serwera Compaq SystemPro. Układy RAID od początku były osobnym, drogim modułem z własnym procesorem i pamięcią. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Rodzaje i zasada działania

Poziomy RAID

> **Pojęcie: RAID (Redundant Array of Independent Disks).** Sposób połączenia kilku dysków w jeden wolumen tak, żeby dane przetrwały awarię jednego lub kilku z nich albo żeby odczyt i zapis szły szybciej.

Cztery poziomy spotykamy w praktyce. RAID 1 to lustro: dane na dwóch dyskach, połowa pojemności użytkowej.

RAID 5 rozkłada parzystość po wszystkich dyskach i przeżywa awarię jednego, RAID 6 ma dwie parzystości i przeżywa dwa. RAID 10 to lustra spięte w pasy: szybki zapis i dobra odbudowa, kosztem połowy pojemności. RAID 0 nie ma redundancji i nie nadaje się do niczego, czego nie da się stracić.

Kontroler sprzętowy

> **Pojęcie: kontroler RAID.** Karta albo układ na płycie z własnym procesorem i pamięcią cache, który sam składa dyski w macierz i pokazuje systemowi gotowy wolumen. System operacyjny nie widzi pojedynczych dysków.

Zalety: system niczego nie liczy, wolumen widać już w BIOS (można z niego wystartować), a cache z baterią przyspiesza zapisy. Wady: awaria kontrolera oznacza często potrzebę podobnego kontrolera, żeby odczytać macierz, a stan macierzy czytamy narzędziem producenta, a nie

systemu. Do tego kontroler jest kolejną częścią do aktualizacji i monitorowania.

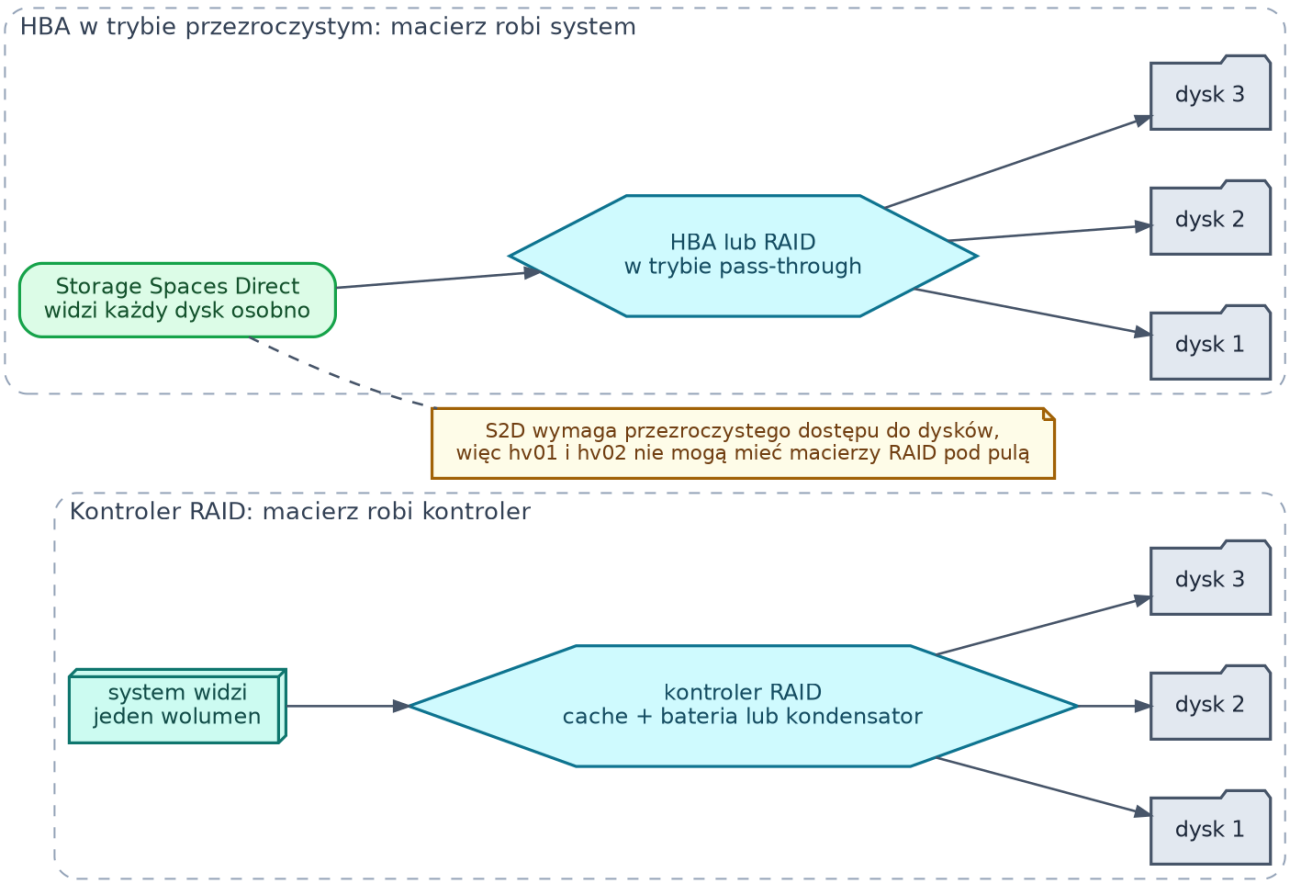
Macierz programowa

W macierzy programowej dyski widzi system, a on składa je w wolumen: mdadm w Linuksie, Storage Spaces w Windows, ZFS na kilku systemach. Zalety to przenośność dysków między serwerami, brak zależności od modelu kontrolera i narzędzia, które znamy z systemu. Wada to obciążenie procesora (dziś niewielkie) i to, że niektóre rodzaje rozruchu wymagają dodatkowych kroków.

HBA i tryb przezroczysty dla S2D

> **Pojęcie: HBA (Host Bus Adapter).** Karta, która tylko wystawia dyski systemowi, bez składania ich w wolumeny. Dysk widać w systemie jako osobne urządzenie, z własnym stanem zdrowia i diodą.

S2D składa pulę dysków sam, więc potrzebuje przejrzystego dostępu do każdego dysku. Microsoft pisze to wprost: karty HBA muszą pracować w prostym trybie przezroczystym (pass-through), a kontrolery RAID są wspierane tylko wtedy, gdy przepuszczają dyski SAS wprost, bez ukrywania ich za wolumenem [1]. Kontroler, który nie umie tego trybu, jest niewspierany. Dlatego pod `S2D-Pula` w `hv01` i `hv02` nie może być macierzy RAID, a dysk systemowy hosta może.



Rysunek 1. RAID sprzętowy a HBA: w pierwszym macierz składa kontroler, w drugim robi to oprogramowanie na hostach. S2D wymaga drugiego układu. (kliknięcie otwiera pełny rozmiar)

Cache kontrolera, bateria i kondensator

> **Pojęcie: cache zapisu (write-back).** Tryb, w którym kontroler potwierdza zapis systemowi, zanim dane trafią na dysk, bo trzyma je najpierw w swojej pamięci. Jest bardzo szybki, ale dane, które siedzą tylko w tej pamięci, giną przy utracie zasilania.

Dlatego kontroler dostaje ochronę cache. Bateria (BBU, Battery Backup Unit) utrzymuje zawartość pamięci przez kilkadziesiąt godzin. Kondensator (supercap, w niektórych kontrolerach CacheVault) daje energię na zapisanie cache do pamięci flash na karcie, po czym nie trzeba nic podtrzymywać [4]. Baterie się starzeją i wymagają okresowego cyklu uczenia, a kontroler przy złej baterii przełącza się na zapis bezpośredni (write-through), który jest wolniejszy, ale bezpieczny.

Część kontrolerów ma opcję „zawsze zapis z cache" nawet przy awarii baterii. Jej nie włączamy, bo kupuje szybkość kosztem bezpieczeństwa danych przy awarii zasilania.

Moduł baterii kontrolera RAID serwera HP. Bateria podłączona do kontrolera podtrzymuje jego pamie



Moduł baterii kontrolera RAID serwera HP. Bateria podłączona do kontrolera podtrzymuje jego pamięć, gdy serwer traci zasilanie. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Odbudowa i jej czas

Gdy dysk w macierzy padnie, macierz działa dalej, ale bez zapasu. Po włożeniu nowego dysku następuje odbudowa (rebuild): kontroler albo system odczytuje pozostałe dyski i zapisuje brakujące dane na nowym. Czas zależy od pojemności i od tego, ile przepustowości zostawiamy użytkownikom.

Pojemność dysku	Przy 100 MB/s	Pod obciążeniem, 25 MB/s
2 TB	około 5,6 godziny	około 22 godzin
8 TB	około 22 godzin	około 89 godzin
18 TB	około 50 godzin	około 200 godzin

Wartości są liczone dzieleniem pojemności przez prędkość, więc to rząd wielkości, a nie obietnica. Przez cały ten czas macierz RAID 5 nie ma zapasu i druga awaria, a także pojedynczy nieodczytywalny sektor na pozostałych dyskach, oznacza utratę danych. Dlatego dla dużych dysków wybieramy RAID 6 albo RAID 10, a RAID 5 omijamy.

S2D odbudowuje się inaczej: nie ma dysku zapasowego, tylko wolne miejsce w puli. Po awarii dysku dane są odtwarzane równolegle na wszystkich pozostałych dyskach, i to dlatego pula musi mieć rezerwę, o czym piszemy w S2D: wymiana dysku bez przestoju, gdy pula jest prawie pełna.

Płyta kieszeni dysków (backplane) Supermicro ze złączami SFF-8482. Do niej wsuwają się dyski, a ko



Płyta kieszeni dysków (backplane) Supermicro ze złączami SFF-8482. Do niej wsuwają się dyski, a kontroler łączy się z płytą kablami, nie z każdym dyskiem osobno. Źródło: Wikimedia Commons (autor i wolna licencja podane na stronie pliku).

Wszystkie rodzaje w jednej tabeli

Cecha	Kontroler RAID	Macierz programowa (mdadm, Storage Spaces)	HBA i S2D

Kto składa dyski	kontroler	system	klaster Windows
Co widzi system	jeden wolumen	wolumen systemowy, dyski widać	każdy dysk osobno
Cache z ochroną	tak (bateria lub kondensator)	zależy od dysków	cache na szybkich dyskach
Przenośność dysków	zwykle tylko na podobny kontroler	tak, między serwerami	w obrębie klastra
Odbudowa	na dysk zapasowy lub nowy	na nowy dysk	na wolne miejsce w puli, równolegle
Wymaga narzędzia producenta	tak	nie	nie
Typowe użycie	dysk systemowy, bazy na RAID 10	serwer kopii, NAS	węzły Hyper-V w klastrze

W serwerowni

Dla `hv01` i `hv02` zakładamy dwie osobne ścieżki: mały mirror (RAID 1 na kontrolerze albo dwa dyski systemowe) na system hosta oraz kontroler w trybie HBA dla dysków `S2D-Pula`. To założenie, bo w bazie nie ma opisu kontrolerów, a przy każdym nowym serwerze sprawdzamy w BIOS i w `Get-PhysicalDisk`, w którym trybie pracuje kontroler. Zmiana trybu z RAID na HBA zwykle kasuje konfigurację, więc robimy ją przed instalacją, a nie na serwerze z danymi.

Dla `ora01` i `hana01` w szafie R4 dysk bazy daje najlepsze wyniki na RAID 10 z kontrolerem z ochroną cache albo na NVMe, zgodnie z zaleceniami producentów baz. Dla `bkp01` zakładamy macierz programową mdadm RAID 6 na dyskach pojemnościowych, do potwierdzenia: czas odbudowy jest tu największym ryzykiem, więc patrzymy na pojemność dysku i na test odtwarzania.

Monitoring: stan kontrolera, baterii i wolumenów czytamy narzędziem producenta albo przez BMC (strona Zdalne zarządzanie: BMC, IPMI i Redfish w osobnej sieci). Mdadm można obserwować przez `/proc/mdstat` i skrypt do Zabbixa. Baterię i kondensator wymieniamy według zaleceń producenta, często co kilka lat.

Poza serwerownią RAID spotykamy w NAS-ach w biurach (RAID 1 albo 5), w rejestratorach monitoringu i w stacjach roboczych do montażu wideo. W domu NAS z dwoma dyskami w RAID 1 ratuje przed awarią dysku, ale nie zastąpi kopii.

Co sprawdzamy u dostawcy

- Tryb pracy kontrolera w ofercie: RAID, HBA albo oba, i potwierdzenie, że dla dysków S2D kontroler pracuje w trybie przezroczystym.
- Pamięć cache kontrolera (ile MB lub GB) i rodzaj ochrony: bateria czy kondensator, wraz z jego stanem po montażu.
- Poziom RAID dla dysku systemowego i wolumenów baz, zapisany w dokumentacji.
- Narzędzie do odczytu stanu kontrolera dla naszego systemu i sposób wpięcia w monitoring.
- Zapasowy kontroler albo zapis konfiguracji, żeby po awarii kontrolera dało się odczytać macierz.
- Dyski zapasowe i procedurę odbudowy, wraz z szacunkiem czasu dla zamówionej pojemności.
- Test odbudowy na zamówionym sprzęcie przed odbiorem (wyjęcie dysku, odtworzenie) z zapisanym czasem.

Mity i sprostowania

Obiegowa wersja	Jak jest naprawdę
RAID to kopia zapasowa	RAID chroni przed awarią dysku, a nie przed skasowaniem, błędem człowieka i oprogramowaniem szyfrującym
RAID 5 jest dobry na duże dyski	Przy dyskach rzędu kilku terabajtów odbudowa trwa dni, a w tym czasie nie ma zapasu, więc wybieramy RAID 6 albo RAID 10
Kontroler w trybie JBOD jest dobry dla S2D	Tylko wtedy, gdy dyski mają `BusType` SAS, SATA albo NVMe, a nie `RAID`, i kontroler jest wspierany
Bateria w kontrolerze to dodatek	Bez ochrony cache kontroler musi pracować wolniej w trybie write-through albo ryzykować dane
Programowy RAID jest wolny	Dzisiejsze procesory liczą parzystość bez zauważalnego kosztu przy typowych obciążeniach

Oś czasu

Data	Wydarzenie
1987 do 1988	Patterson, Gibson i Katz z Berkeley opisują RAID
1989	Compaq SystemPro z kontrolerem macierzy dyskowej
2016	Windows Server 2016 z S2D, który zastępuje kontroler RAID oprogramowaniem

Częste błędy

Objaw	Przyczyna	Co robimy
Kreator klastra nie widzi dysków do puli	kontroler w trybie RAID albo `BusType` równe `RAID`	przestawiamy kontroler na HBA przed instalacją S2D
Po awarii baterii kontrolera zapisy zwalniają	kontroler przeszedł na write-through	wymieniamy baterię lub kondensator
Odbudowa macierzy trwa dobę dłużej niż planowaliśmy	duże dyski i obciążenie systemu	planujemy z zapasem, odciążamy macierz na czas odbudowy
Po awarii kontrolera nie da się odczytać macierzy	brak podobnego kontrolera i zapisu konfiguracji	trzymamy zapas lub dokumentację importu
`mdadm` pokazuje `[UU_U]` po restarcie	dysk wypadł z macierzy	sprawdzamy `smartctl`, wymieniamy dysk, dodajemy go do macierzy

□□ Ćwiczenia

1. Dysk ma 4 TB, a odbudowa idzie z prędkością 50 MB/s. Ile mniej więcej potrwa?

Odpowiedź

4 000 000 MB / 50 MB/s to 80 000 sekund, czyli około 22 godzin.

1. W `Get-PhysicalDisk` na nowym serwerze wszystkie dyski mają `BusType` równe `RAID`. Czy możemy zbudować S2D?

Odpowiedź

Nie, dopóki kontroler nie przejdzie w tryb HBA albo pass-through, bo S2D wymaga przejrzystego dostępu do dysków. Po przestawieniu `BusType` ma pokazywać SAS, SATA albo NVMe.

1. Po co kontroler RAID ma baterię albo kondensator, jeśli serwer ma UPS?

Odpowiedź

UPS chroni przed zanikiem napięcia w sieci, ale nie przed awarią samego zasilacza serwera, odłączeniem kabla czy zawieszeniem sprzętu. Bateria lub kondensator chroni dane w cache

zapisu w każdym z tych przypadków.

Powiązane: Serwer od środka: od szafy mainframe'u do bursztynowej diody na hv02 · Dyski: HDD, SSD, SAS i NVMe · Storage Spaces i warstwy magazynu · S2D: wymiana dysku bez przestoju

Źródła:

1. Microsoft Learn: Storage Spaces Direct hardware requirements oraz pytanie i odpowiedź S2D wrong BusType with RAID controller in HBA mode
2. en.wikipedia.org: RAID
3. en.wikipedia.org: Compaq SystemPro
4. en.wikipedia.org: Disk array controller

Revision #14
Created 2026-10-03 15:34:21 UTC by Tomasz Konieczny
Updated 2026-10-26 14:22:39 UTC by Tomasz Konieczny