

Storage Devices

D. Leeuw

7 februari 2024

v.0.6.0



© 2021-2024 Dennis Leeuw

Dit werk is uitgegeven onder de Creative Commons BY-NC-SA Licentie en laat anderen toe het werk te kopiëren, distribueren, vertonen, op te voeren, en om afgeleid materiaal te maken, zolang de auteurs en uitgever worden vermeld als maker van het werk, het werk niet commercieel gebruikt wordt en afgeleide werken onder identieke voorwaarden worden verspreid.

Over dit Document

Inhoudsopgave

Over dit Document	i
1 Introductie	1
2 Block devices	3
2.1 Harddisks	3
2.2 Flash memory	5
2.3 SSD - Solid State Drive	5
3 Streaming devices	7
3.1 Tape	7
4 Storage interfaces	9
4.1 IDE - Integrated Drive Electronics	9
4.2 SATA - Serial ATA	10
4.3 SCSI - Small Computer Systems Interface	10
4.4 SAS - Serial Attached SCSI	11
4.5 USB - Universal Serial Bus	11
5 DAS en JBOD	13
5.1 JBOD - Just a Bunch Of Disks	13

Hoofdstuk 1

Introductie

RAM-geheugen is volatile, dat betekent dat de inhoud van het geheugen verloren gaat als de voeding wordt uit gezet. Documenten, programma's en het besturingssysteem willen we niet steeds opnieuw maken. We willen dat deze data opgeslagen wordt op een systeem dat de data ook bewaart als er geen spanning op de computer staat. De oplossing die daarvoor bedacht is heet opslag-geheugen of kortweg opslag (Engels: Storage).

Onder Storage verstaan we het aanbieden van opslagcapaciteit op opslagsystemen. Dit kan op harddisks in het systeem zijn of op een file-server die gekoppeld is aan het netwerk. Storage is dus een heel breed onderwerp. In dit document behandelen we alleen de Storage die in een computer zit of die direct gekoppeld is via bijvoorbeeld de USB-poort. Het document over NAS, Network Attached Storage, en het document over SAN, Storage Attached Network, behandelen de andere vormen van opslag. Ook voor RAID hebben we ervoor gekozen om dit in een eigen document te behandelen.

Hoofdstuk 2

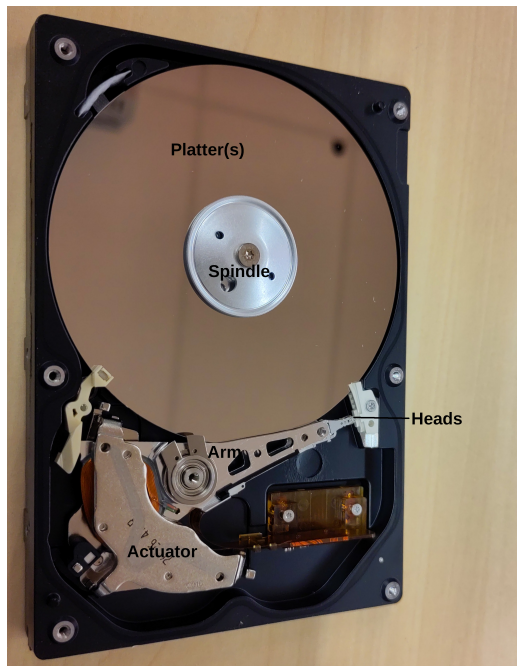
Block devices

Block devices zijn opslagsystemen die data opslaan in blokken. Een harddisk slaat data bijvoorbeeld op in blokken van 512-bytes en is dan ook een block device. Data die wordt weggeschreven naar een block device wordt dus eerst opgehakt in kleine vaste stukken en dan per block weggeschreven. Het tegenover gestelde systeem is een stream, daarin wordt data als één lange rij 1-en en 0-en weggeschreven. Bij een stream staat de data dus keurig netjes achter elkaar. Bij block devices kan de data verspreid staan over het opslag medium.

2.1 Harddisks

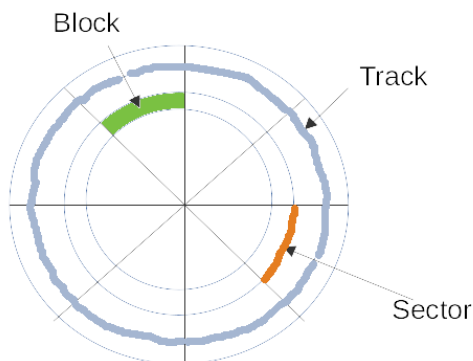
Een harddisk is een device waar data op opgeslagen kunnen worden. De data wordt op platen (Engels: Platters), die voorzien zijn van een magnetische laag, weggeschreven. De platen draaien rond in een luchtdicht afgesloten behuizing met snelheden van 5400, 7200 of 10.000 rpm (rounds per minute). De platen zijn voorzien van fijne magnetische deeltjes. Een lees/schrijf-kop zet bij het schrijven de mini-magneetjes in een stand die overeen komen met een 1 of een 0. Bij het lezen leest de kop de stand van de magneetjes uit en weet zo of er een 1 of 0 staat. Voor elke plaat in de behuizing zijn er twee lees/schrijf-koppen. Een plaat kan aan twee kanten (Engels: Surfaces) beschreven en uitgelezen worden, dus zowel de bovenkant als de onderkant van de plaat wordt gebruikt voor data opslag.

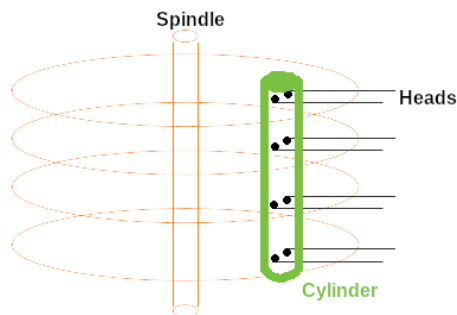
Data wordt in concentrische cirkels, tracks, weggeschreven. Een harddisk is een block-device en schrijft data dus weg in vaste blokken, bijvoorbeeld 512-bytes. Omdat er meerdere platen in een harddisk kunnen zitten en elke plaat 2 koppen heeft kan er dus data via verschillende koppen tegelijk gelezen en geschreven worden. Zo'n eenheid van data op dezelfde



koppositie noemen we een cylinder.

De kop van een harddisk beweegt heen en weer tussen de draai-as (Spindle) en de rand van de platen. Deze beweging wordt gemaakt met een zogenaamde stappenmotor, die de kop in stappen verplaatst. De afstand die de kop heeft van de rand van de disk bepaalt de track waarop de kop zich bevindt. Het is de actuator die de kop verplaatst over de platen. De kop raakt de platen niet, er zit een klein stukje lucht tussen om te voorkomen dat de kop krassen op de surface maakt. Een track is verdeeld in sectoren. De sector is gelijk en synoniem aan de block grootte van de harddisk. Deze verdeling wordt gemaakt zodat bepaald kan worden waar





data wordt weggeschreven (surface, track, sector).

Het verplaatsen van de head kost tijd en maakt een harddisk dus relatief traag. Door data tegelijk naar 1 cylinder te schrijven kunnen we de bewegingen van de kop minimaliseren en de data doorvoer maximaliseren.

2.2 Flash memory

Flash memory is een type geheugen dat data vast houdt ook als de spanning niet aanwezig is. De twee belangrijkste types zijn:

NOR flash lijkt erg op gewoon RAM geheugen waarbij het complete geheugen bereik van een adres aangesproken kan worden. Het kan dienen als vervanging van een ROM of een EEPROM.

NAND flash gedraagt zich als een block device waarbij vaste blokken van data worden geschreven naar het geheugen. Het kan dienen als vervanging van een harddisk.

Voor opslagsystemen komen we dus voornamelijk het NAND-type tegen. Flash memory wordt gebruikt in verschillende apparaten, zoals SD-cards, USB-sticks, en SSDs.

2.3 SSD - Solid State Drive

De Solid State Drive is beter bekend onder zijn afkorting: SSD. SSDs maken gebruik van geïntegreerde circuits om de 1en en 0en op te slaan. Ze slaan de data op zodat deze ook zonder spanning op de SSD toch bewaart blijft. Een SSD is sneller dan een harddisk en trager dan RAM geheugen.

Een voordeel van de SSD is dat deze geen bewegende onderdelen kent, zoals de harddisk, zodat de SSD energie zuiniger is en minder geluid produceert. SSDs zijn ook beter bestand tegen schokken door stoten en bewegen.

Er zijn verschillende soorten SSD drives met verschillende technieken die voor verschillende doelen kunnen worden ingezet.

- MLC
- TLC
- QLC

Hoofdstuk 3

Streaming devices

Streaming devices zijn opslagsystemen die data opslaat in een lange rij van enen en nullen. Bij een stream staat de data dus keurig netjes achter elkaar. Het voordeel is dat data relatief snel geschreven kan worden, het nadeel is dat als je een bestand wil lezen aan het einde van de stream, je eerst de hele stream door moet.

3.1 Tape

Tape is een van de oudste opslagsystemen voor computers die nu ook nog gebruikt wordt. Tape is een plastic lint dat voorzien is van een fijn magnetisch materiaal waardoor er door een schrijfkop enen of nullen op gezet kunnen worden. Een leeskop kan die enen en nullen weer terug lezen. Een tape wordt gelezen of geschreven door een tapestreamer. Afhankelijk van de tapestreamer kan deze geladen worden met 1 of meer tapes. Data wordt geschreven van het begin naar het eind van de tape. Om data te lezen van het begin van een bepaalde lokatie op de tape moet de tape eerst vooruit of achteruit gespoeld worden totdat deze bij de juiste lokatie is. Daarna kan de data gelezen worden.

Tape kent een aantal voordelen:

- Relatief lage kosten van de tapes
- Oneindig uitbreidbaar, we kunnen steeds nieuwe tapes kopen
- Relatief lange levensduur
- Energie zuinig, tapes die niet meer in de drive zitten hebben geen spanning nodig om hun data te behouden

Natuurlijk zijn er ook nadelen aan tapes:

- Ze zijn relatief traag
- Het kan wat werk zijn om de juiste tape terug te vinden
- Tapes maken gebruik van magnetisme om hun data op te slaan, dus zijn ze gevoelig voor bitrot
- Omdat ze data kunnen verliezen zullen tapes eens in de zoveel tijd geconroleert moeten worden of de data nog toegankelijk is

Hoofdstuk 4

Storage interfaces

4.1 IDE - Integrated Drive Electronics

Harddisks zijn in het verleden voornamelijk met de IDE (Integrated Drive Electronics) interface aan het moederbord gekoppeld. Later kwam er de EIDE (Extended IDE) interface. De interface staat ook bekend als Parallel Advanced Technology Attachment (PATA) interface. Het is een bus die alleen binnen een computerkast gebruikt kan worden. De IDE-kabel bestond uit een platte kabel (flat-ribbon cable) met verschillende draden naast elkaar, vandaar Parallel in PATA, zonder een afscherming. Het signaal door de kabel is dan ook erg gevoelig voor verstoringen. Op de kabel zitten 3 connectoren. 1 voor het moederbord en twee om harddisks aan te koppelen. Zo kunnen er een master en een slave drive aangesloten worden op de kabel.

Een moederbord had in het verleden meestal twee host adapters, IDE1 en IDE2 ofwel de primary en de secondary IDE. Dit maakt het totaal aan te sluiten disks 4. In de eerste instantie moest er een jumper op de disk gezet worden om aan te geven of deze master of slave was. De meeste kabels zijn echter "Cable Select" en bepalen aan de hand van de positie van de disk of deze master of slave is. Degene die het dichtst bij het moederbord zit is de master.

De IDE-bus is 16-bits breed op een initieel 40-pins connector. Met de wens voor hogere snelheden kwam met UDMA4 de eis dat de kabel afgeschermd zou zijn waardoor de 40-aderige kabel vervangen werd door een 80-aderige afgeschermd kabel. Draad en dus pin 1 op de kabel is rood, of rood gestreept. De connectoren zijn voorzien van een nokje waardoor deze maar op één manier in de drive of het moederbord passen. Een IDE-kabel kan maximaal 46cm lang zijn.

4.2 SATA - Serial ATA

4.3 SCSI - Small Computer Systems Interface

SCSI is een parallele bus waaraan meerdere apparaten gekoppeld kunnen worden. Hoewel het meest gebruikt voor het aansluiten van opslagsystemen gebruikte bijvoorbeeld de Apple Macintosh deze interface in de jaren '80 en '90 ook om scanners en printers aan te sturen. De interface kan zowel intern als extern gebruikt worden om devices aan te sluiten op de HBA (Host Bus Adapter). De interne kabel was meestal een ribbon-kabel en de externe kabels waren meestal rond. In tegenstelling tot IDE kent SCSI een command-language waarmee de HBA kan communiceren met de aangesloten apparaten.

Op een SCSI-bus worden de apparaten aan elkaar doorgelust, een zogenaamde daisy-chain (madeliefjes-ketting).

De SCSI bus moet getermineerd worden aan beide einden van de bus. Dus het eerste en het laatste device op de bus moeten voorzien zijn van een terminator (weerstandsblok). Dit kan gedaan worden door een terminator aan te sluiten, maar de meeste apparaten hebben ook een schakelaar waarmee de terminatie ge-enabled wordt.

SCSI kent verschillende standaarden die in de loop van de tijd zijn ontwikkeld en behalve voor SCSI-1 is er voor elke variant een "normale" en een "wide"-variant. De normale-variant heeft IDs tussen 0 en 7 en de wide-variant heeft IDs tussen 0 en 15. De hoogste prioriteit op de SCSI-bus is ID 7, de HBA heeft meestal dit ID. De prioriteit loopt daarna af van 6 naar 0 en van 15 naar 8.

De traagste variant van SCSI maakt gebruik van de Single Ended (SE) techniek. Deze variant kan gemixed worden met de Low Voltage Differential (LVD) techniek, maar dan neemt de performance van de gehele bus af. LVD is de meest gebruikte techniek. De High Voltage Differential kan niet gemixed worden met de overige twee technieken, maar kan wel langere afstanden overbruggen dan de overige twee.

Standard	Name	Bus width (bits)	Speed (MBps)	SE (m)	LVD (m)	HVD (m)
SCSI-1	SCSI-1	8	5	6	-	25
SCSI-2	Fast SCSI	8	10	3	-	25
	Fast-Wide SCSI	16	20	3	-	25
SCSI-3	Ultra SCSI	8	20	1.5	-	25
	Ultra wide SCSI	16	40	-	-	25
	Ultra2 SCSI	8	40	-	12	25
	Ultra2 wide SCSI	16	80	-	12	25
	Ultra3 Ultra 160 SCSI	16	160	-	12	-
	Ultra 320 SCSI	16	320	-	12	-

SCSI kent een enorme variatie in connectoren.
 FIXME: Connectoren CKP

4.4 SAS - Serial Attached SCSI

4.5 USB - Universal Serial Bus

Hoofdstuk 5

DAS en JBOD

Als je DAS of Direct Attached Storage googled kom je vaak uit bij een 19"-behuizing met disken. Deze kast heeft meestal een SCSI of SAS aansluiting. Via software wordt het systeem als een grote disk of als verschillende partities aangeboden aan een host. De controller die de disken aanstuurt is meestal een RAID controller zodat data redundant wordt opgeslagen. De "disken" die aan de host worden aangeboden hebben meestal geen enkel verband met de fysieke disken in de 19"-behuizing.

Ook als JBOD of Just a Bunch Of Disks googled kom je uit bij 19"-behuizingen met disken.

DAS en JBOD worden dan ook vaak door elkaar gebruikt. Sommigen maken het onderscheid door JBOD een oplossing zonder RAID te noemen en DAS een oplossing met RAID. In dit boek zullen we ons er verder niet zo druk om maken. Het is wel van belang dat je beide termen kent als aanduiding voor een systeem met veel disken.

5.1 JBOD - Just a Bunch Of Disks

JBOD is precies wat de naam zegt Just a Bunch Of Disks, ofwel gewoon een hoeveelheid disken. De oude IDE interface in de PC gaf je de mogelijkheid om maximaal 4 harddisks aan te sluiten in je machine. Met de eerst SCSI-interfaces waren dat er 7. Als je meer wilde gebruikte je een cabinet met disken. Omdat daar geen enkele intelligentie in zit moet je elke disk apart kenbaar maken op je systeem. Vandaar de naam Just a Bunch of Disks.

Index

- Actuator, 4
 - Harddisk, 4
- ATA, 9
- Block, 3
 - Harddisk, 3
- Block devices, 3
- DAS, 13
- Direct Attached Storage, 13
- Flash memory, 5
- Harddisk, 3
- IDE, 9
- Integrated Drive Electronics, 9
- JBOD, 13
- Just a Bunch Of Disks, 13
- NAND flash memory, 5
- NOR flash memory, 5
- Parallel Advanced Technology
 - Attachement, 9
- PATA, 9
- Platter
 - Harddisk, 3
- RPM, 3
 - Harddisk, 3
- SAS, 11
- SATA, 10
- SCSI, 10
- Sector, 4
 - Harddisk, 4
- Serial ATA, 10
- Serial Attached SCSI, 11
- Small Computer Systems
 - Interface, 10
- Solid State Drive, 5
- SSD, 5
- Streaming devices, 7
- Surface
 - Harddisk, 3
- Track, 3
 - Harddisk, 3
- Universal Serial Bus, 11
- USB, 11