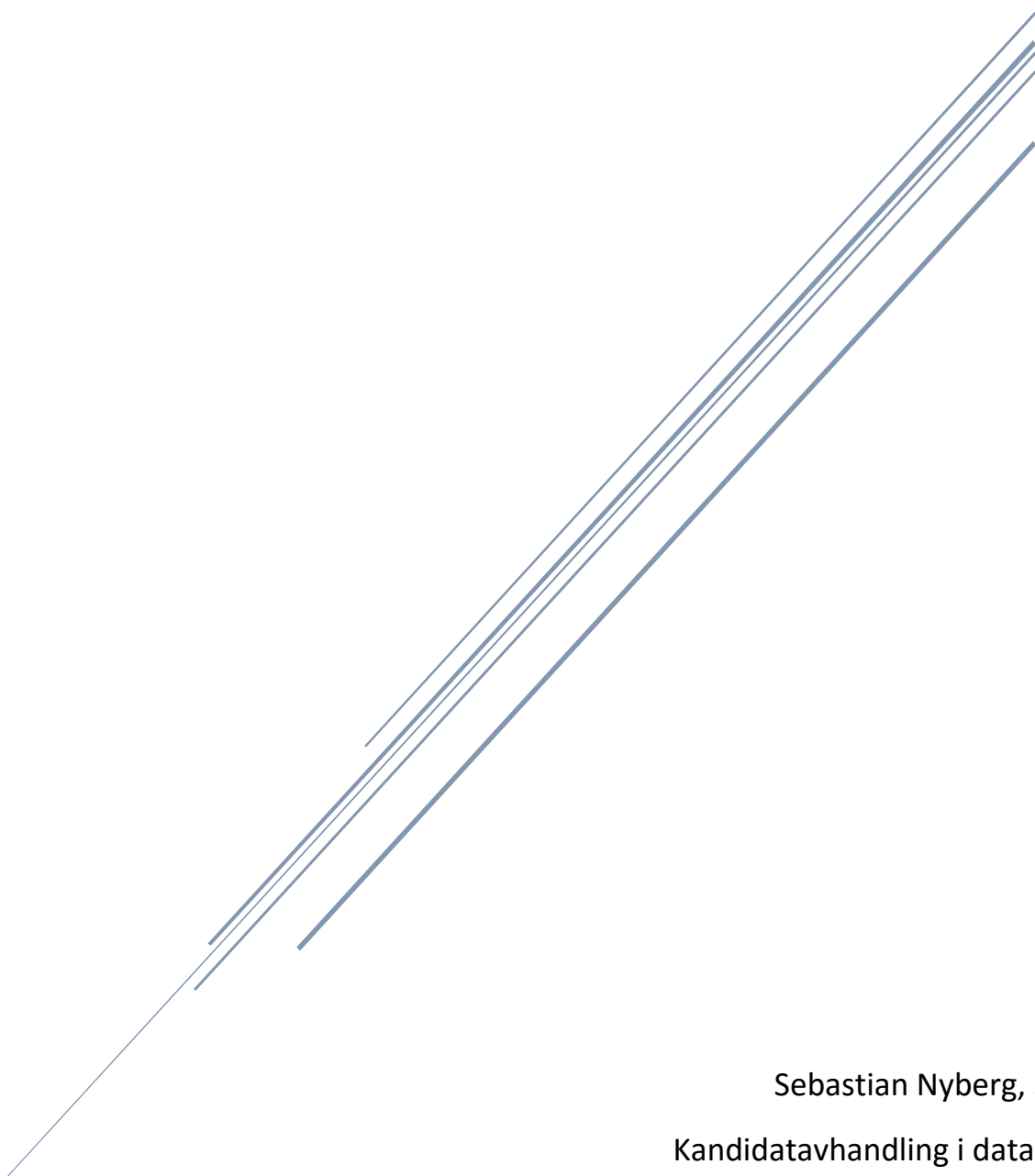


# RAID TEKNOLOGI



Sebastian Nyberg, 35715

Kandidatavhandling i datateknik

Handledare: Mats Aspñäs

Åbo Akademi, 2016

## Referat

Denna avhandling handlar om RAID, allt från hur det började till hur det kan tillämpas i framtiden. Avhandlingen börjar med allmän fakta och historia, sedan kort om de olika nivåerna, förklarar hur de fungerar och vad som används mest i dagens läge. Tekniska aspekter, hur RAID och hårddiskar fungerar är delen av avhandlingen där man ser hur mekaniska hårddiskar och SSD fungerar, matematiken bakom RAID och varför det är lönsamt. Till slut går det mera in på framtiden, och om detta verkligen är en teknik som kommer att finnas om 50år.

## Innehåll

Referat .....	1
1. Inledning .....	3
2. Mekaniska hårddiskar och Solid State Drives .....	5
2.1 Mekaniska hårddiskar .....	5
2.2 Solid State Drive .....	7
3. RAID-nivåer .....	10
3.1 Allmänna RAID-nivåer .....	10
3.1.1 RAID 0 .....	10
3.1.2 RAID 1 .....	11
3.1.3 RAID 5 .....	12
3.1.4 RAID 6 .....	13
3.1.5 RAID 4 .....	13
3.2 Kapslad RAID .....	13
3.2.1 RAID 10 .....	14
3.2.2 RAID 50 .....	14
3.3 Hybrid RAID .....	15
4. RAID-teknik och kontrollers .....	16
4.1 RAID .....	16
4.2 RAID-kontroller .....	18
4.2.1 Diskreta RAID-kontrollerkort .....	19
4.2.2 RAID-chip på moderkort .....	19
5. Framtiden för RAID .....	20
6. Avslutning .....	21
Källförteckning .....	22

## 1. Inledning

Redundant Array of Independent Disks (ursprungligen Redundant Array of Inexpensive Disks), härfter RAID, är ett sätt att använda hårddiskar på ett mer effektivt sätt, och minska risken att gå miste om viktiga data. Den ursprungliga idén med RAID var att använda många mindre hårddiskar i stället för en stor. Vad RAID är sägs bokstavligen i namnet. Det är en räkka (Array) med oberoende hårddiskar (Independent Disks) med en viss grad av redundans (Redundant). Med redundans menas att någon av diskarna i systemet kan gå sönder utan att man mister information.

Termen RAID uppkom första gången år 1987. Det var David Patterson, Garth A Gibson och Randy Katz som myntade termen. Patterson och Katz var professorer vid University of California, medan Gibson ännu doktorerade vid det skedet. År 1988 publicerade de sin artikel vid namn "A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks".<sup>[1]</sup> I denna tar de fram fördelar och nackdelar med det nya systemet. Jag går djupare in i innehållet och deras upptäckter senare.

När de publicerade sin forskning var allmänheten ännu skeptisk till om detta var ett fungerande koncept. "Varför använda fler diskar, det ökar risken för att något går fel" var något många tänkte om denna uppfinning, som senare skulle bli en viktig del av hur datorer används. För att kringgå detta problem, att flera hårddiskar skulle orsaka fler problem, finns det i RAID fler säkerhetsmetoder, och även olika "nivåer" av RAID beroende på vad man behöver. De vanligaste RAID-nivåerna för privata användare är RAID 0 eller 1, medan servrar ofta använder RAID 5 eller 6 då dessa är säkrare och sannolikheten att data går förlorat är minimerad. Tekniken bakom dessa går igenom senare.

Orsaken att Patterson, Katz och Gibson började forska i RAID var att kunna utnyttja den snabba utvecklingen av processorer och minne. Den gamla metoden med endast en mekanisk hårddisk var inte tillräckligt, och detta skulle eventuellt leda till en stor del av resten av systemets kapacitet går till spillo. Istället för en hårddisk, används fler för att kunna utnyttja deras kapacitet och hastighet samtidigt, för att resten av datorn ska kunna gå på full kapacitet vid behov utan hinder.

I dagens läge används RAID mest i servrar på grund av nya hårddiskar som heter Solid State Drives, eller SSD. De är mycket mindre än de traditionella mekaniska hårddiskarna, för att inte tala om tystare och snabbare. Det är inte vanligt för den vanliga konsumenten att använda RAID, för då måste man även vara insatt i hur det fungerar vid eventuella problem. RAID med endast SSD är inte omöjligt, men inte heller lönsamt vilket vi ser senare.

Fastän RAID beskrivs som ett säkerhetsnät, som man ska kunna lita på att data alltid finns sparad även vid fall där någon komponent går sönder, är det viktigt att nämna att det inte är en säkerhetskopiering. Det är något som ofta uppfattas fel av dem som inte arbetar inom informationsteknik (IT). Även om tekniken går framåt hela tiden, finns alltid risken för att allting slutar fungera samtidigt och då kan man inte lita på att alla data är sparade, även om man har RAID.

## 2. Mekaniska hårddiskar och Solid State Drives

### 2.1 Mekaniska hårddiskar

För att förstå hur RAID egentligen fungerar måste vi ta en titt på hur dess grundkomponenter, nämligen hårddiskar fungerar. I grunden är det fler antal skivor som snurrar runt, och för varje skiva finns ett huvud som kan läsa och skriva till skivan. Hur exakt en hårddisk fungerar är inte något alla känner till. I dagens moderna hårddiskar finns det vanligen 5 eller 7 skivor, med läs- och skrivhuvuden på var sin sida om varje skiva. Skivorna tillverkas av icke-magnetiskt material; oftast glas eller aluminiumlegering. Dessa skivor är överdragna med en 10-20nm tunn yta av magnetiskt material, och sedan ett yttersta lager av kolbaserat material för skydd.

Hårddiskar fungerar genom att magnetisera ferromagnetiskt material, för att identifiera dem på binär nivå. Då en ändring sker, skrivs eller läses en 1a och ingen förändring är en 0a. Detta sker direkt under läs- och skrivhuvudena. Varje skiva är uppdelad i sektorer och spår, på vilket sätt datorn kan noggrant leta upp den information som man söker efter. När information skrivs på en skiva, ändras den magnetiska ytan, för att motsvara den information som behövs sparas. Om till exempel en fil, eller bild, är vald att överskriva annan information, kommer den nya informationen att skrivas på den sektorn och spåret där informationen låg.

Läs- och skrivhuvuden styrs av en arm, vars teknik är mycket komplicerad, men i grunderna rör den sig efter en liten elektrisk stöt och rörelserna är mycket noggranna. Denna teknik gör att det inte finns några riktigt rörliga delar som slits i hårddiskar, annars skulle hårddiskar inte ha en så lång levnadstid. Själva huvudena "flyter" ovanpå skivorna. Den tekniken byggs på det faktum att när något snurrar snabbt, vilket skivorna gör, kommer det att bli en liten kudde av luft ovanför på vilken huvudena ligger. Tekniken är också självkorrigerande, skulle huvudet lyftas för mycket, kommer den att tappa flyt och sänkas närmare skivan igen.<sup>[2]</sup> Det är mycket viktigt, för på grund av dagens hastighet och densitet av data sparad på skivorna måste huvudet ligga på ett avstånd mellan 5 och 10nm, annars är det inte tillräckligt noggrant.

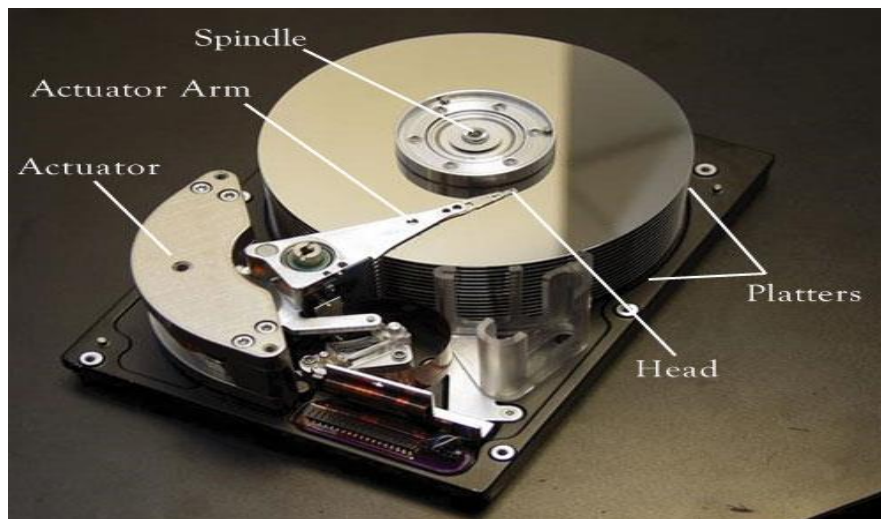


Bild tagen från: <http://neoncomputers.com/wp-content/uploads/2011/06/hdd.bmp>

Hårddiskar når alltid eventuellt att slutet av sin livstid, vissa tidigare än andra. De två största orsakerna är:

- Bitfel på skivorna
- Något i hårddisken går mekaniskt sönder

Ett bitfel är något som sker konstant, men inte alltid märks. Hårddiskar använder sig av felkorrigerings koder (Error Correcting Codes, ECC) för att kunna rätta till dessa problem utan att några problem uppstår. Denna teknik bygger sig på Richard Hamming's första utveckling av felkorrigerings kod, varefter forskare byggt på den för att ännu i dagens läge dra nytta av det.<sup>[3]</sup> Den version av tekniken som används i dagens läge kallas för Reed-Solomon, efter Irving Reed och Gustave Solomon. Som i till exempel RAID 5 där varje hårddisk har en paritetsbit, använder Reed-Solomon algoritmen sig av extra error-bitar vilka skrivs på specifika ställen på skivan sektorer. Mängden av error-bitar i en sektor beror på tillverkaren av hårddiskar. Mer bitar ger en större marginal för fel, men nackdelen är att de tar upp utrymme på disken för data. Då systemet upptäcker en låg, korrektbar mängd av fel i en sektor, flyttar den informationen till en extra del av hårddisken, vars ända uppgift är att spara tillfällig data för såna syften. Då mängden felbitar i en sektor blir för hög, uppstår det dåliga sektorer och data går eventuellt förlorade.

När något går mekaniskt fel i en hårddisk har det direkt större konsekvenser. De vanligaste är att armen slutar fungera, eller ett läs- och skrivhuvud rör skivan vilket orsakar

repor. Största orsaken till det är oftast ålder på hårddisken för att snurrande av skivorna inte producerar en tillräcklig luftkudde för läs- och skrivhuvuden att flyta på. Ett plötsligt stopp i systemet, som till exempel en krasch, kan också orsaka att mitt under en läs- eller skrivoperation huvudena rör skivan.<sup>[4]</sup>

Medan mekaniska fel ofta orsakar mer skada än bitfel, kan de ofta repareras. Det krävs speciell utrustning, och måste skötas i dammfri miljö. En söndrig arm är lättast att byta, då om den är sönder behöver det inte betyda definitivt att någon information på skivorna är skadade. Kostnaden för reparationer är ofta för höga jämfört med nya hårddiskar, och därför sker det bara i extremfall.

## 2.2 Solid State Drive

Till motsatsen från en mekanisk hårddisk har inte SSD några rörliga delar i sig.

Dagens SSD använder sig av en NAND flash teknik och allting fungerar elektroniskt med en kontroller. Till motsatsen från den mindre använda tekniken DRAM, är flash tekniken ett icke-flyktigt minne (non-volatile memory, eller NVM). Det betyder att om disken plötsligt tappar spänning, som vid en krasch, kommer inte data att gå förlorade. Vid användning av DRAM är det viktigt att använda antingen ett inbyggt batteri, eller extern strömkälla för att informationen ska kunna sparas korrekt. Informationen sparas tillfälligt i datorns RAM, och när systemet får ström igen kan det skrivas över igen till SSD minnet.

Eftersom flash minnen är mer aktuella nu och i framtiden, kommer avhandlingen fokusera mera på den tekniken.

Det finns tre olika tekniker som används i SSD:

- SLC (single-level cell)
- MLC (multi-level cell)
- TLC (triple-level cell).

Skillnaden mellan dessa är antalet bitar som sparas i varje cell på disken. Som namnen indikerar, använder sig SLC av bara en bit per cell, MLC av två och TLC av tre bitar per cell. Det betyder att för SLC finns det endast två möjligheter, antingen är det 0



eller 1, för MLC finns det fyra möjligheter och TLC åtta. Ur dessa tekniker är SLC den snabbaste, men också den dyraste.

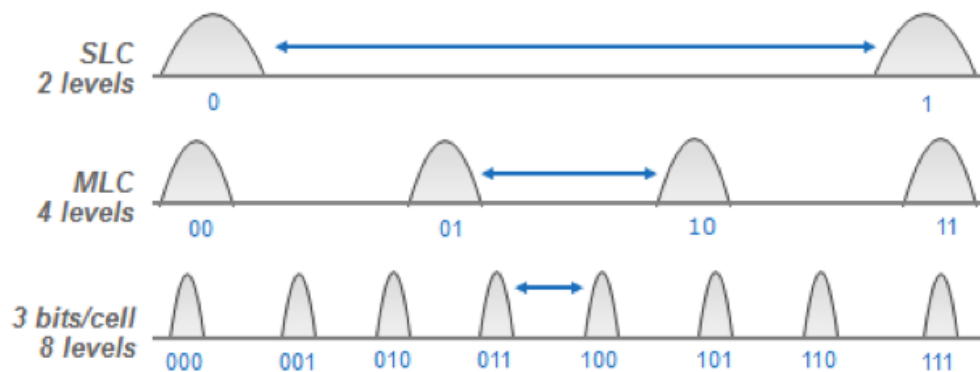


Bild tagen från: <http://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2015/07/TLCNAND.png>

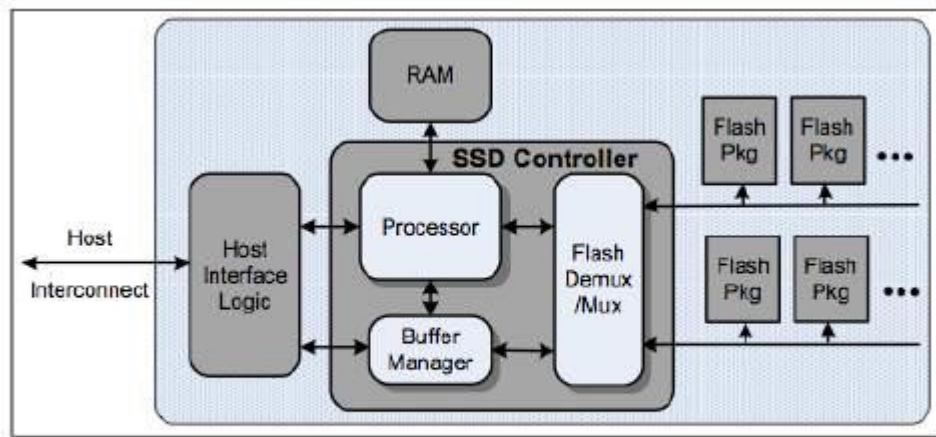
Kontroller-chipet på SSD är en av de viktigaste komponenterna. Den sköter om att allting fungerar som det ska, bland annat:

- Utjämning av slitage
- Felkorrigering
- Enkryption
- Hittande av dåliga block

Utjämning av slitage (Wear leveling) är viktigt för att diskens livstid ska förlängas. En SSD kan skriva och läsa från ett block ett visst antal gånger förrän det blocket inte går att använda mera. För att systemet inte ska spara information på samma sektorer varje gång, sköter kontrollern om att det sprids ut, och hela disken används. Eventuellt kommer sektorerna bli utslitna, och då kan kontrollern hitta dessa dåliga block och rapportera om dem till systemet så de inte används mera. [5]

ECC sköts på samma sätt som för mekaniska hårddiskar. Även här används felkorrigering bitar, men i en SSD används det oftast block för block.

Enkryption i dagens läge blir mer och mer relevant. Då nästan all information sparas elektronisk nuförtiden, är det viktigt att endast tillåtna personer kan komma åt den informationen.



SSD Logic Components

Bild tagen från: <http://www.extremetech.com/wp-content/uploads/2015/07/2006640.jpg>

I figuren ovan ser vi hur en SSD är uppbyggd, men kommer inte att gå in på den exakta tekniken i denna avhandling.

## 3. RAID-nivåer

RAID används för fler olika syften i dagens läge. Allt från personliga datorer till stora servermiljöer. Därför måste det finnas val för användaren, beroende på vad det är man kräver av sitt system och hur stor mängd av användaren systemet har. I följande kapitel ser vi på de vanligaste nivåerna, och till vilka syften de lämpar sig bäst.

### 3.1 Allmänna RAID-nivåer

#### 3.1.1 RAID 0

En av de vanligaste nivåerna vi ser användas av allmänheten är RAID 0, främst för att dess enda syfte är att maximera hastigheten av diskarna. Som nämndes tidigare står R i RAID för Redundancy, något inte RAID 0 har. Ett mer passande namn skulle då vara AID 0, men för att inte göra det mer komplicerat används RAID även för denna nivå. Vardagligen kallas denna teknologi för "all-in" nivån, eftersom om en hårddisk i systemet går sönder, förlorar man alla data. Den rätta termen är dock "Striping", och går ut på att alla data skrivs och läses från alla diskar samtidigt.<sup>[6]</sup>

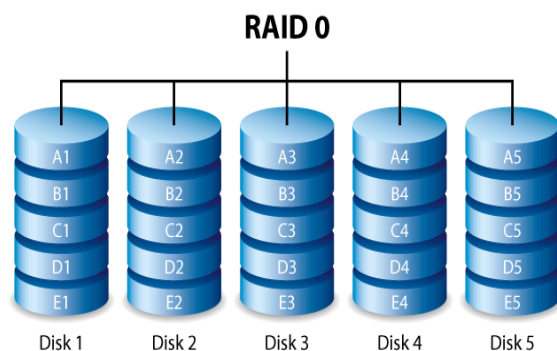


Bild tagen från <http://www.seagate.com/gb/en/manuals/network-storage/business-storage-nas-os/raid-modes/>

I bilden är data indelade i block, t.ex. A1-A5, på fem olika diskar. På detta sätt kan datorn skriva informationen fem gånger snabbare än den skulle kunna göra det på endast en hårddisk. Om data på ett block blir korrupt, eller hela disken slutar fungera finns informationen inte på något annat ställe, och hela systemet faller. Om man endast söker efter snabbhet, och man inte arbetar med viktig information, är RAID 0 ett bra alternativ.

Minimikraven för RAID 0 är två hårddiskar, och i teorin finns det ingen övre gräns men varje disk ökar risken för problem.<sup>[7]</sup> Orsaken till allt färre RAID 0-system används nu-förtiden är den ökande populariteten av SSD.

### 3.1.2 RAID 1

RAID 1 är den andra vanliga nivån av RAID i användning av allmänheten. RAID 1 är begränsat till två stycken hårddiskar. Metoden heter "data mirroring", alltså speglas all data mellan hårddiskarna så de innehåller samma information, och man tappar ingen information om ena disken går sönder.<sup>[8]</sup> Sker det, lägger man in en ny disk och så kan man bygga upp RAIDen på nytt. Det är dock nämnvärt att om operativsystemet blir korrupt, kommer det att bli korrupt på båda diskarna vilket orsakar att felet finns i hela RAID-räckan.

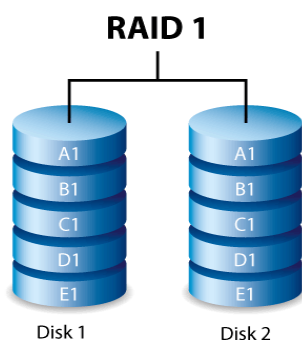


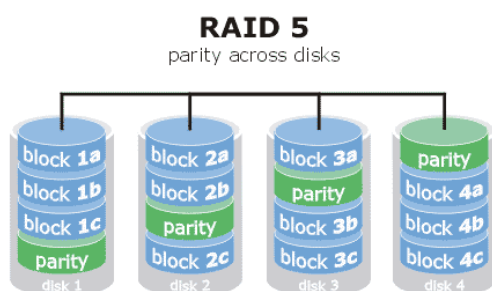
Bild tagen från <http://www.seagate.com/gb/en/manuals/network-storage/business-storage-nas-os/raid-modes/>

Den här nivån av RAID har även sina nackdelar; den största är att man inte får ut mer lagringsutrymme eller snabbare läs- och skrivhastighet (Input/Output, eller I/O).

### 3.1.3 RAID 5

Minimum kravet av hårddiskar för RAID 5-nivån är tre stycken, som RAID 0 finns det inget teoretiskt maximum. I grunden är den baserad på RAID 0 teknik, i det avseende att även striping används i RAID 5. För att inte data ska gå förlorad om en disk går sönder används distribuerad paritet. Det betyder att varje disk har ett block som kan användas för att bygga upp RAID-systemet igen. RAID 5-nivån tillåter att en hårddisk går sönder. Om fler än en hårddisk skulle få problem, kan man inte bygga upp RAID-räckan mera.

Med denna nivå är I/O hastigheten den samma som för RAID 0, alltså kan varje hårddisk läsa och skriva information samtidigt, och dessutom finns det en viss grad av redundans.<sup>[9]</sup> Detta gör att RAID 5 är lämpligt för små servermiljöer, där det är viktigt att användaren får data så snabbt som möjligt, men att inte alla data går förlorad då en hårddisk blir eventuellt korrupt. Orsaken till att inte RAID 5 används i personliga datorer allt för att minimumkravet på antal diskar högt, och inte värt det.



Bildtagen från: <https://cooltechpc.com/parts/raid>

I dagens läge används inte normala RAID-nivåer så ofta i servers för det finns mer optimerad teknik tillgänglig, till exempel RAID 50 och 60. Dessa kommer vi att se mera på senare i avhandlingen.

### 3.1.4 RAID 6

RAID 5 och 6 använder samma grundteknik, men istället för ett paritetsblock per hårddisk används två. På det sättet tål denna nivå att två stycken diskar går sönder utan att data går förlorad, men mängden av utrymme på systemet kommer att minska. Hastigheten för I/O är den samma som för RAID 5, men om redundans är viktigare än lagringsutrymme är denna nivå mer lämplig. För en RAID-räcka av RAID 6 med n-antal diskar kommer lagringsutrymmet vara  $n-2$ , alltså två stycken diskar används effektivt för paritetsblock.<sup>[10]</sup>

### 3.1.5 RAID 4

RAID-räckor som använder RAID 4-nivåer är i dagens läge mer eller mindre utdöda, orsaken ska jag kort förklara.

För RAID 4 används också paritetsblock, men istället för att de är utspridda på fler diskar är en hårddisk en dedikerad paritetsdisk. Redundansen är den samma som för RAID 5, men på grund av långsam skrivhastighet jämfört med RAID 5 används denna nivå ytterst sällan. Orsaken till att RAID 4 blivit ersatt med RAID 5 är att för varje I/O funktion måste paritetsblocken kopieras till den dedikerade paritetsdisken, och det skulle göra hela systemet ytterst långsam.<sup>[11]</sup>

## 3.2 Kapslad RAID

Under denna kategori har vi RAID-nivåer som kombinerar två olika nivåer. Som ett exempel har vi RAID-nivå 10, eller 1+0 vilket beskriver det bättre. Den första siffran i nivån beskriver varje eget RAID-set, den andra beskriver hur de olika seten är ihopkopplade.<sup>[12]</sup> Kapslad RAID, eller Nested RAID på engelska, används mest i servers, eller mer avancerade datorer, för optimal balans mellan prestanda och redundans. De vanligaste nivåerna av denna typ är RAID 10, 50 och 60. Men det är även möjligt att använda till exempel RAID 01.

### 3.2.1 RAID 10

RAID 1 har en gräns på två stycken hårddiskar och ökar inte på läs- och skrivhastigheterna för systemet, men däremot tål den att en disk slutar fungera utan att data går förlorade. För att kunna använda sig av denna redundans, men även göra systemet snabbare, kan man lägga flera par av RAID 1 i en RAID 0 räck. Förenklat kan man se diskarna i RAID 1 som en egen hårddisk, och de i sin tur kör på RAID 0. På detta sätt kan man öka läs- och skrivhastigheterna i ett system, med redundans.

Denna RAID-nivå tål att flera hårddiskar slutar fungera, med den viktiga sidonotisen är att åtminstone en av två diskar i ett set av RAID 1 är funktionella. Om vi då har en RAID 10, med fem stycken sets av RAID 1, tål den att upp till fem diskar kraschar.

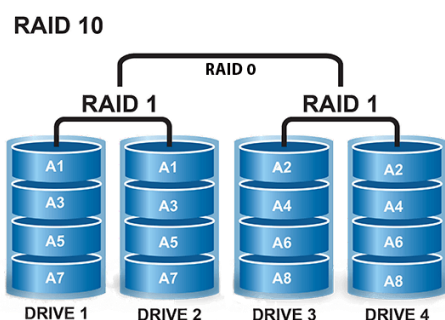


Bild tagen från: [http://www.filesaversdatarecovery.com/raid\\_recovery/RAID\\_10\\_recovery.html](http://www.filesaversdatarecovery.com/raid_recovery/RAID_10_recovery.html)

### 3.2.2 RAID 50

RAID 50 har samma princip som RAID 10. Det är ett antal av RAID 5 sets, vilka är sammankopplade av en RAID 0 räck. Då RAID 5 redan ökar läs- och skrivhastigheterna, ökar RAID 50 dem ännu mer. Här finns det inte heller någon teoretisk gräns för hur många hårddiskar det kan finnas i ett RAID 5 set, men för att det bara tål att en hårddisk slutar fungera lönar det sig inte att använda allt för många.

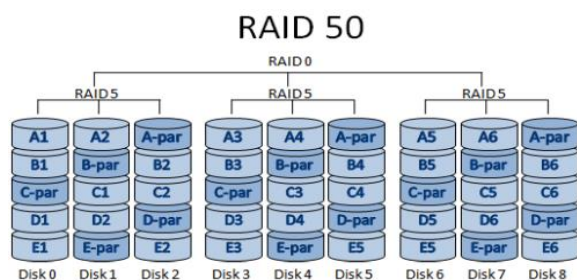


Bild tagen från: <http://www.ttrdatarecovery.com/wp-content/uploads/2014/01/Raid50.png>

### 3.3 Hybrid RAID

Hybrid RAID kombinerar mekaniska hårddiskar med SSD, utan kostnaden för ett totalt SSD-system. Företaget Adaptec har utvecklat en special RAID-kontroller vilken utnyttjar läshastigheten för en SSD, medan data skrivs på både mekaniska diskarna och SSD samtidigt. Det är ett klart förmånligare alternativ till fler andra, i dagens läge då SSD är ännu mycket dyrare än normala mekaniska hårddiskar.<sup>[13]</sup>

Denna teknik kan tillämpas i flera olika miljöer. I en servermiljö till exempel kan det användas en mindre SSD i RAID med fler storkapacitets hårddiskar. Till exempel om en 64GB SSD är kopplad i RAID 5 med fem stycken 3TB hårddiskar, kan den mindre partitionen av alla diskar användas till operativsystemet, och resten för lagringssyftet. Då används bara 64GB av varje 3TB hårddisk för operativsystemet, och det finns mycket lagringsutrymme kvar. På detta sätt kan systemet snabbt starta om vid behov, och är optimalt om det inte är kritiskt att ytterst snabbt få åtkomst till data.

Hybrid RAID kan också användas i personliga datorer. Man kan använda en SSD och en mekanisk hårddisk, sätta upp dem i RAID 1, och på så sätt ha redundansen av RAID 1 med en snabbare hastighet. Om den mekaniska hårddisken har större lagringsutrymme än SSD, kan man använda resten för extra lagring.

Hybrid RAID är speciellt viktigt för företag som behöver snabbt läsa information från deras servers. Förr då man ville ha snabb information från servers, använde man bara de yttersta delarna av hårddiskarna. Ju närmare mitten av hårddisken, desto mindre vinkelhastighet har den och information kan läsas långsammare. Detta leder till att stora delar av hårddiskarna inte var i användning, och stor del går till spillo.<sup>[14]</sup>

I bilden nedan kan vi se hur Adaptec RAID-kontroller optimerar användningen av mekaniska hårddiskar och SSD.

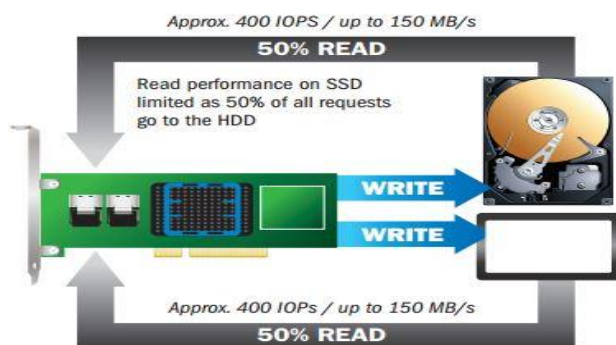


Bild tagen från: [http://www.adaptec.com/nr/pdfs/hybrid-raid\\_wp.pdf](http://www.adaptec.com/nr/pdfs/hybrid-raid_wp.pdf)



## 4. RAID-teknik och kontrollers

### 4.1 RAID

Som vi såg i kapitlet om mekaniska hårddiskar finns det alltid en risk för att något går fel och hårddisken går sönder. I en räcka av diskar är då sannolikheten större att åtminstone en går sönder. Med hjälp av matematik har Petterson, Gibson och Katz räknat ut vad som krävs för att det ska vara lönsamt i en RAID-räcka.

För detta använder de en variabel MTTF (mean time to fail), alltså genomsnitt tiden för att en disk går sönder. De räknar ut att:

$$MTTF_{Räcka} = \frac{MTTF_{Disk}}{\text{Antalet diskar i räckan}}$$

Detta är då en räcka med hårddiskar, vilka inte är i RAID. Som vi ser kommer livslängden för en räcka minska för varje hårddisk.

Då vi räknar med RAID, måste vi ta i beaktande en annan faktor. Då en disk går sönder och vi måste ersätta den med en ny disk, tar det en tid att bygga upp RAID-systemet igen. Denna faktor har benämningen MTTR (mean time to repair), eller genomsnitts tid för reparation av räckan. MTTR kan variera, och är även påverkad av den mänskliga faktorn om man räknar med tiden att den söndriga disken är utbytt. För att förminska den mänskliga faktorn kan man använda sig av en så kallad "Hot Spare", alltså en disk i räckan vars ända uppgift är att fungera som extra disk ifall någon disk går sönder.

För att räkna ut MTTF för en RAID, använder sig Petterson, Gibson och Katz av följande variabler:

N = total mängd av diskar med data (inte check-diskar)

G = mängden av diskar i en RAID-grupp (inte check-diskar)

$$n_G = \frac{D}{G} = \text{antalet RAID-grupper}$$

C = antal check-diskar i en RAID-grupp

$$r_C = \frac{C}{G} = \text{förhållandet mellan antalet check-diskar per RAID-grupp till antalet diskar per RAID-grupp}$$

De kom då fram till en allmän formel man kan använda för alla RAID-nivåer:

$$MTTF_{RAID} = \frac{(MTTF_{Disk})^2}{(N + C * n_G) * (N + C - 1) * MTTR_{Disk}}$$

Denna formel kan man använda för varje RAID-nivå. Som ett exempel ser vi på en RAID räcka av nivå 5. Som vi vet använder inte RAID 5 sig av någon check-disk, vilket gör att  $C = 0$  i denna formel. Då får vi:

$$MTTF_{RAID} = \frac{(MTTF_{Disk})^2}{N * (G - 1) * MTTR_{Disk}}$$

Om vi räknar med  $MTTF_{Disk} = 30,000h$ ,  $MTTR_{Disk} = 1h$ ,  $D = 10$  och  $G = 10$  får vi:

$$MTTF_{RAID} = \frac{(30,000)^2}{10 * (10 - 1) * 1} = 10\,000\,000h \approx 1142\text{år}$$

Då kan vi se att ett system som kör med RAID 5, har i medeltal en livslängd på ungefär 1142 år. Detta är förstås ett optimalt system, det finns fler variabler man måste räkna med: Fel på två diskar samtidigt, system krasch och bitfel under uppbyggnad av RAID-räckan.

Även MTTR för diskar varierar stort, beroende på storleken av disken och dess genomströmningshastighet. I exemplet använde vi en mycket optimistisk MTTR, i verkligheten ligger MTTR för en modern disk runt 35 timmar.

I följande figur (Chen, Lee, Gibson, Katz, Patterson, 1993) ser vi sannolikheten för att data går förlorade inom 10 år för en RAID 5 räcka, och medeltal hur länge det tar förrän data går förlorade (MTTDL, mean time to data loss). Värdet  $p(\text{disk})$  står för sannolikheten att man kan läsa alla sektorer på en hårddisk och har ett värde av 99,96%.

	MTTDL	MTTDL	Probability of Data Loss over 10 Year Period
Double Disk Failure	$\frac{MTTF(disk) \times MTTF(disk2)}{N \times (G-1) \times MTTR(disk)}$	285 yrs.	3.4%
Sys Crash + Disk Failure	$\frac{MTTF(sys) \times MTTF(disk)}{N \times MTTR(sys)}$	154 yrs.	6.3%
Disk Failure + Bit Error	$\frac{MTTF(disk)}{N \times (1 - (p(disk))^{G-1})}$	36 yrs.	24.4%

Bild tagen från: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=FB3E3080AB62773DA7E598D7077E795A?doi=10.1.1.41.3889&rep=rep1&type=pdf>

Fastän vi ser att även med en MTTDL av 285 år, är sannolikheten för att data går förlorade under första 10 åren 3,4%. Inget system är perfekt, men med hjälp av säkerhetsåtgärder, så som extra diskar, kan livslängden förlängas.

## 4.2 RAID-kontroller

En RAID-kontroller sköter om RAID-räckorna och hårddiskarna. Det finns två olika slags kontroller:

- Mjukvara kontroller
- Hårdvara kontroller, vilken kan delas i två subkategorier
  - o Diskreta RAID-kort, oftast kopplade till en PCI-e buss
  - o Implementerat RAID-chip på moderkortet

Det finns för- och nackdelar med dessa båda tekniker, men fokusen kommer att vara på hårdvarulösningarna. Största fördelen med att implementera mjukvaru-RAID är kostnad. Det är mycket mer förmånligt än hårdvaru-RAID, där det är ett chip eller eget RAID-kort som styr allting.

#### 4.2.1 Diskreta RAID-kontrollerkort

Dessa kort är vanliga i större miljöer, där det är viktigt att inte systemen är påverkade av RAID. De har egna processorer och snabbt minne, vilket innebär att det inte behöver använda systemets tillgångar, vilka eventuellt används till något viktigare.

#### 4.2.2 RAID-chip på moderkort

Det implementerade chipet på moderkortet delar många positiva saker med det diskreta RAID-kortet. Till exempel blir ingendera infekterade av virus, då inte har något med operativsystemet att göra.

RAID-chipet är också ett billigare alternativ till det diskreta kortet, men har sina nackdelar. Den använder sig av systemets resurser, vilket gör att det inte är en optimal lösning för intensiva system.<sup>[15]</sup>

## 5. Framtiden för RAID

Hur framtiden ser ut för RAID är något som spekuleras bland fler. Men som det ser ut nu, kommer RAID att stanna kvar åtminstone för närmaste framtid. Det största problemet är att diskarnas kapacitet ökar med ungefär 40% per år<sup>[16]</sup> medan läs- och skrivhastigheterna inte stiger lika snabbt, ungefär 20% per år.<sup>[17]</sup> Större kapacitet leder till en längre tid för en RAID-räcka att bygga upp när en disk går sönder. Som exempel tar det ungefär fyra timmar att bygga upp en 2 TB disk, och detta är under optimala förhållanden. Är systemet under hårt arbete kan det ta flera dagar. Om det är RAID 5, och en annan disk skulle gå sönder under denna tid, kommer hela RAID-räckan sluta fungera. Även om det handlar om RAID 6, vilket tål att två diskar går sönder samtidigt, är det inte omöjligt under en tid på flera dagar.

Det är viktigt att komma ihåg att företag alltid är beroende av deras data, och så länge RAID är den ända lösningen för redundans, kommer det att användas. Även om konceptet närmar sig 30 år, och grunderna inte har förändrats mycket, är det mycket effektivt i dagens läge. Detta är för att komponenterna, kontroller och hårddiskar, har utvecklats så mycket under dessa år. Men någonstans kommer väggen emot, och när det sker måste man utveckla något nytt för att redundansen i RAID inte blir en börda.

RAID med SSD är något många anser som nästa steg. I dagens läge är detta inte en lönsam lösning. System kan inte använda den hastighet som till exempel fler SSD i RAID 0 skulle kunna åstadkomma. Ironiskt utvecklade Patterson, Katz och Gibson originellt för att de ansåg att vanliga hårddiskar annars skulle fungera som en flaskhals för resten av systemet. Trots att även normala system kan använda SSD till deras fulla potential, klarar inte RAID-kontroller av detta. I dagens läge kan hårdvara RAID-kontroller klara av en handfull av SSD, men efter det kommer de i sin tur fungera som stopp för information. En lösning för detta problem kunde vara fler kontroller, eller användning av mjukvara RAID.<sup>[18]</sup>

## 6. Avslutning

RAID har funnits i över 30 år, och det finns inget som tyder på att de i närmaste framtiden kommer att dö ut. Det var en teknik som utvecklades på grund av hög efterfrågan, och utvecklas än i dag. En av grundorsakerna till RAID var att lagringsenheterna inte kunde klara av den hastighet resten av systemen, och fungerade som ett stopp. För att inte fler hårddiskar skulle orsaka större osäkerhet, lade man med redundans i tekniken. Redundansen blev en av de viktigare försäljningsargumenten för RAID, och är möjligtvis största orsaken att det ännu lever. Hastigheten är inte nuförtiden mera största orsaken för RAID, på grund av SSD och dess hastigheter.

Hårddiskar blir allt snabbare och med mer lagringsutrymme. Tyvärr växer det senare nämnda så fort att inte resten av tekniken hänger med. Uppbyggningstiden blir allt större, och det orsakar mer osäkerhet bland användare. Företag och forskare har börjat titta på alternative idéer, men än så länge finns det inget prisvärt.

Hur världen för RAID kommer att se ut om 20 år är omöjligt att förutse, men ännu inom närmaste 5 till 10 år kommer vi inte att se några stora förändringar i den tekniken som Patterson, Kantz och Gibson började forska i år 1987.

## Källförteckning

[1] D. Patterson, G. Gibson, R. Katz "A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID)"

[2] S. Anthony 27.6.2011 "How A Hard Drive Works" [2.4.2016] <http://www.extremetech.com/computing/88078-how-a-hard-drive-works>

[3] R. W. Hamming April 1950 "Error Detecting and Error Correcting Codes"

[4] N. Parsons 7.2.2013 "How to Recover Data When Your Hard Drive Goes Belly Up" [3.4.2016] <http://lifelifehacker.com/5982339/diy-data-recovery-tricks-for-when-your-hard-drive-goes-belly-up>

[5] T. Rent 9.4.2010 "SSD Controller" [3.4.2016] [http://www.storagereview.com/ssd\\_controller](http://www.storagereview.com/ssd_controller)

[6] R. Natarajan 10.8.2010 "RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 10 Explained with Diagrams" [20.3.2016] <http://www.thegeekstuff.com/2010/08/raid-levels-tutorial/>

[7] G. Iorres 23.10.2006 "How to setup a RAID system" [21.3.2016] <http://www.hardwaresecrets.com/how-to-setup-a-raid-system/2/>

[8] SearchStorage homepage "Definition of disk mirroring (RAID 1)" [21.3.2016] <http://searchstorage.techtarget.com/definition/disk-mirroring>

[9] PC Guide "RAID 5" [30.3.2016] <http://www.pcguide.com/ref/hdd/perf/raid/levels/singleLevel5-c.html>

[10] Freeraidrecovery [1.4.2016] <http://www.freeraidrecovery.com/library/raid-5-6.aspx>

[11] P. Chen, E. Lee, D. Patterson, G. Gibson, R. Katz 29.10.1993 "RAID: High-Performance, Reliable Secondary Storage" Page 13 [1.4.2016]

[12] J. Ortiz 13.1.2012 "What Are Nested RAID levels?" [1.4.2016] [http://www.storage-switzerland.com/Articles/Entries/2012/1/13\\_What\\_Are\\_Nested\\_RAID\\_Levels\\_-\\_What\\_Is\\_RAID\\_Part\\_3.html](http://www.storage-switzerland.com/Articles/Entries/2012/1/13_What_Are_Nested_RAID_Levels_-_What_Is_RAID_Part_3.html)

[13] Adaptec research [2.4.2016] [http://www.adaptec.com/nr/pdfs/hybrid-raid\\_wp.pdf](http://www.adaptec.com/nr/pdfs/hybrid-raid_wp.pdf)

[14] M. Chiappetta 13.5.2012 "How to Partition Your Hard Drive to Optimize Performance" [2.4.2016] [http://www.pcworld.com/article/255224/how\\_to\\_partition\\_your\\_hard\\_drive\\_to\\_optimize\\_performance.html](http://www.pcworld.com/article/255224/how_to_partition_your_hard_drive_to_optimize_performance.html)

[15] Adaptec research "Hardware RAID vs. Software RAID: Which Implementation is Best for my Application?" Page 3, [4.4.2016]

[16] H. Mehling 6.11.2009 "The Future of RAID Storage Technology" [4.4.2016] <http://www.enterprisestorageforum.com/sans/features/article.php/3847396/The-Future-of-RAID-Storage-Technology.htm>

[17] H. Newman 17.9.2009 "RAID's Days May Be Numbered" [5.4.2016] <http://www.enterprisestorageforum.com/technology/features/article.php/3839636/RAIDs-Days-May-Be-Numbered.htm>

[18] N. Jeremic, G. Mühl, A. Busse, J. Richling "The Pitfalls of Deploying Solid-State Drive RAIDs" [5.4.2016] [https://www.research.ibm.com/haifa/conferences/systor2011/present/session5\\_talk2\\_systor2011.pdf](https://www.research.ibm.com/haifa/conferences/systor2011/present/session5_talk2_systor2011.pdf)



