

# Salvestid ja varundus

## Sissejuhatas

Andmesalvestus on ala, millega iga arvutikasutaja kindlasti kokku on puutunud. Küsimused stiilis „kus on minu failid, kui palju kõvakettal ruumi on, ja miks sealt enam midagi lugeda ei saa?“, on püsinud populaarne juba salvestite leiutamise alates ning ka praegu pole see oma aktuaalsust kaotamas. Andmete säilivus ja kättesaadavus on aga oluline teema ka suuremates süsteemides, ning mida suuremad on mahud ning keerukamad vajadused, seda keerukamaks lähevad ka salvestussüsteemid.

Varundus on andmesalvestuse eriliik, mida tuleks käsitleda eraldi, kuna omab pisut teist eesmärki ja meetodeid, kui käigusolevate andmete salvestamine.

Igasuguste andmesalvestusseadmete kohta kehtib tavaliselt reegel, et mida kiiremalt toimib seade, seda kallim ta on. Nii näiteks on protsessori vahemälu kilobait kallim põhimälu kilobaidist ja põhimälu megabait omakorda kallim kõvaketta megabaidist.

Muidugi ei maksa mälu ja salvesteid omavahel sassi ajada: kui töömäluseadmed hoiavad andmeid vaid siis, kui seade on elektrivoolu all, siis salvestid hoiavad andmeid ka väljalülitatult.

Protsessori poolt vaadatuna võibki salvestid jagada nelja klassi:

- esmatase (operatiivmälu, vahemälu)
- teine tase (kõvakettad, mass-salvestid)
- kolmas tase (automaatselt ligipääsetav meedia – nt lindid lindirobotis, nn *tape library*)
- *off-line* tase (meedia, millele ligi pääsemiseks on vaja inimese sekkumist)

See loeng hõlmab teist, kolmandat ja *off-line* taset.

Salvestid võib jagada eri liikidesse ka omaduste (kiirused, mahud, töökindlus, funktsionaalsus, hind) järgi, ning omadused määravad siis ka selle, millistel juhtudel milliseid salvesteid kasutatakse. Meie vaatame kolme klassi – algtase, kesktase, kõrgtase.

Kolmandaks võib salvesteid eristada füüsilise salvestusmeedia järgi:

- magnetmeedia (kõvakettad, *floppy*kettad, lindid)
- optiline meedia (CD, DVD, Blue-Ray)
- elektriline püsimeedia (USB Flash Drive, Solid State Drive (SSD))

## Kõvaketaste liidesed

Hetkel on kaugelt kõige levinumad (teise taseme) salvestid kõvakettad. Kõvaketaste liidesed muu süsteemiga on üsna hästi standardiseeritud ning nii ei pea olemasoleva kettakontrolleri juurde ketast valides otsima sama firma spetsiifilise liidesega toodet. Siiski on levinud liideseid mitmeid ning neist päris mööda ei saa :)

- SATA, Serial ATA on hetkel eelistatuim laiatarbeliides, pea kõik uued laua- ja sülearvutid on selle kettaliidesega. Kuna SATA pakub odava hinna eest mõistlikku kiirust, on ta hakanud tungima ka algtaseme serveriturule. Kuumvahetuse tugi.
- SAS on Serial Attached SCSI, tänapäeva serveritel enimkasutatud liides. Pakub võrreldes SATA'ga paremat jõudlust (kiiremad kettad, kiiremad liidesed). Kuumvahetuse tugi.
- FC, Fibre Channel. on kõrgtaseme süsteemides esinev kettaliides. FC ei pruugi tegelikult kasutada fiiberoptilist liidest, pigem tähistatakse nimega „FC“ protokoll. Väga kiire,

tavaliselt pakutakse FC süsteemides ka täielikku dubleerimist. Kuumvahetuse tugi.

- IDE (ATA, Parallel ATA) on tänaseks juba unustuste hõlma vajumas, tegemist on laiatarbearvutites levinud liidesega
- SCSI on liideste perekond, kuhu kuulub palju erinevaid (sh. ka omavahel mitteühilduvaid) liideseid, kasutuses olid/on nad enamasti serverites ja kõrgema jõudlusega tööjaamades. Paljudel liidestel kuumvahetuse (ketta vahetus arvuti tööd seiskamata) tugi. SCSI on asendumas uue liidesega, SAS.

Peale liidese ja kuumvahetatavuse on ketaste juures oluliseks parameetriks pöörlemiskiirus:

- pöörlemiskiirus (rpm):
  - 4200, 5400 – enamasti sülearvutite ketastel (ATA, SATA)
  - 7200 – kiired sülearvutikettad, levinud lauaarvutikettad (ATA, SATA)
  - 10000 – tööjaamade kettad, levinud serverite kettad (SATA, SCSI, SAS)
  - 15000 – kõrgema jõudlusega salvestussüsteemide kettad (SCSI, SAS)

Toodud pöörlemiskiirused on saavutatud juba aastaid tagasi – juba 10k juures võib täheldada häirivat müra ning soojaeraldust ja 15k juures on need veelgi suuremad. Aeglasemad kettad teevad vähem müra, vajavad vähem energiat ja neist eraldub vähem soojust. Sestap ka lauaarvutitel 7200rpm kettad ja paljudel sülearvutitel 5400 või koguni 4200rpm kettad.

Kõvakettad erinevad üksteisest veel kettasisese vahemälu (cache) suuruse poolest.

### Salvestite virtualiseerimine

Suurema paindlikkuse, kiiruse, töökindluse või funktsionaalsuse saavutamiseks kasutatakse salvestite juures erinevaid virtualiseerimistehnoloogiaid. Terminina võib välja tuua RAID, LVM, NAS, SAN, erinevad võrgufailisüsteemid ja võrgusalvestusprotokollid.

RAID e. Redundant Array of Inexpensive Disks on viis, kuidas mitut kõvaketast näidata ühena. Tulemuse kiirus, maht ja töökindlus olenevad ketaste kombineerimise viisist.

RAID 0 – *striped set*, andmed jaotatakse ketastele laiali, maht on ketaste mahtude summa, kiirus kasvab, töökindlus kahaneb

RAID 1 – *mirror*, andmed peegeldatakse N (enamasti N=2) võrdse mahuga kettale, maht on ühe ketta maht, lugemiskiirus kasvab, töökindlus kasvab

RAID 1+0, 0+1, 10 – RAID 0 ja RAID 1 kombineerides püütakse saavutada RAID 0 kiirust RAID 1 töökindlusega

RAID 5 – *striping with parity* – andmed jaotatakse N ( $N \geq 3$ ) kettale, kasutatav maht on  $(N-1) \cdot S_{\min}$ , kus  $S_{\min}$  on kõige väiksema massiivi kuuluva ketta maht – tavaliselt muidugi koostatakse RAID massiive võrdse suurusega ketastest. Töökindlust tõstetakse nn. paarsusinfoga. RAID 5 suudab üle elada ühe suvalise ketta rikke. Kui rikkis ketas vahetatakse, taastatakse seal varem olnud andmed teiste ketastel ketastel oleva info ja paarsusinfo abil. See taastamine võtab aega, taastamise ajal toimuda võiv järgmise ketta rike hävitaks massiivis olevad andmed. Kui RAID 5's toimub kahe ketta rike, andmed hävivad. RAID 5 peab iga kirjutusoperatsiooni kohta tegema ühe lugemisoperatsiooni kõigilt ketastelt. Selle suure jõudlusprobleemi tõttu kasutatakse RAID 5 kontrollritel väga suurt, akuga kaitstud vahemälu. RAID 5 on üsna hea kompromiss saavutatava mahu ja töökindluse vahel. Jõudlusprobleemidega võideldakse vahemälu abil. Arvatavasti hetkel levinuim RAID tase.

RAID 6 – *striping with dual parity* – andmed jaotatakse N ( $N \geq 4$ ) kettale, kasutatav maht on  $(N-2) \cdot S_{\min}$

2)S<sub>min</sub>. RAID 6 on RAID 5 järglane, kus kasutatakse kahte erinevat paarsusinfo salvestamise viisi. Suudab üle elada 2 suvalise ketta rikke. RAID 6 on hakanud vahetama välja RAID 5'te süsteemides, kus kettamassiivid koosnevad paljudest ketastest ja kahe ketta samaaegne rike või järgmine rike massiivi paarsusinfo taastamise ajal liiga tõenäoline.

### NAS e. *Network Attached Storage*

Oma olemuselt on NAS seade kõvaketastega arvuti, millel on kasutusel vaid 1 funktsioon: jagada ketast teistele arvutitele võrgus. Varieeruvad nii NAS seadme tarkvara kui haldamise viisid, ent põhimõte jääb samaks. NAS jagab oma ressursi failisüsteemi tasandil, s.t teda kasutatakse võrgufailisüsteemina (levinud on NFS – *Network File System* ja CIFS – *Common Internet File System*)

### SAN e. *Storage Area Network*.

See termin tähistab tegelikult FC võrku, kus mitmed serverid on ühendatud FC kommutaatoritega ning kommutaatorid omakorda salvestitega. Sellise süsteemi puhul on võimalik kasutada nii salvestite jagamist kui mitme salvesti ühendamist ühe serveri külge. Salvestite jagamiseks luuakse mitu virtuaalset ketast ning eri kettad jagatakse eri serveritele. Võimalikud N:N ühendused.

SAN võrgus toimub salvestusressursi kasutamine blokktasemel, mitte failisüsteemi tasemel, nagu NAS seadmete puhul. Samuti on põhimõtteline erinevus selles, et NAS puhul kasutatakse salvesti ja tarbija vaheliseks infovahetuseks üldotstarbelist võrku, SAN puhul on tegemist vaid salvestusinfo kandmiseks mõeldud võrguga.

On olemaks ka protokolle SAN võrgu loomiseks üle üldotstarbeliste võrkude – näiteks iSCSI (Internet SCSI) ning ATAoE (ATA over Ethernet). On arvata, et tulevikus muudab sedasorti protokollide laiem levik SAN lahendused odavamaks.

### LVM e. *Logical Volume Management*

Kettahalduseks on kasutusel peale operatsioonisüsteemide oma vahendite spetsiaalsed lisakomponendid, üldnimetusega LVM. LVM võimaldab olemasolevatest (nn. füüsilistest kettamassiividest) salvestigruppe, mida saab tükeldada loogilisteks ketasteks, ning neid loogilisi kettaid saab (tihti aktiivse töö ajal e. *on-line*) suurendada ja kahandada.

Võrgufailisüsteemid on samuti üks salvestite virtualiseerimise vorm. Võrgufailisüsteemide puhul haagitakse serveri poolt välja jagatud salvesti külge klientarvutis ning seda salvestit saab kasutada, justkui see oleks lokaalne salvestusseade.

Levinud võrgufailisüsteemide protokollid on NFS (*Network File System*) ja CIFS (*Common Internet File System*). Esimene on kasutusel pigem UNIX maailmas, teine Windowsitel.

## Laiatarbeseadmed

Laiatarbesalvestid on harilikud kõvakettad, *flash*-kettad ja muud salvestusseadmed, mis on saadaval tavalises arvutipoes. Pea iga arvuti vajab mingit kõvaketast – kuigi võimalik on kasutada ka võrgust käivituvaid ja faile kasutavaid arvuteid, on kõvaketas osutunud praktilisemaks.

Hinnavahemik võiks laiatarbeseadmetel jääda kuhugi 100 ja 100 000 EEK vahele.

Selliste toodete kasutamise eeliseks on eelkõige madal hind ja lihtsus. Miinuseks on madal töökindlus ja madal töökiirus. Muidugi, töökindluse ja -kiiruse madal tase on suhteline, ning avaldub eelkõige kõrgema klassi toodetega võrreldes. Nii võib tavaline kõvaketas täiesti edukalt ka 5 aastat tõrgeteta töös olla.

Kõvakettaid on mitmeid liike ning ka selle klassi sees varieerub hind: nii on arvutites kasutusel SATA, vahel ka SAS (*Serial Attached SCSI*) kettad, samuti on laiatarbekaubaks saanud juba ka algelised RAID (*Redundant Array of Inexpensive Disks*) seadmed, mis võimaldavad mitme ketta ühendamise tõsta töökindlust ja/või -kiirust ning esitada näiteks ka mitut ketast ühe loogilise kettana.

Siinses kategoorias kasutatakse tarkvarast eelkõige operatsioonisüsteemiga (algselt/tasuta) kaasa tulnud vahendeid: RAID'i, partitsioonide haldust ja failisüsteeme.

Kõvaketaste tõrgete vastu ja kiiruse tõstmiseks on võimalik kasutada nii riistvara- kui tarkvara-RAID'i, sageli on ka riistvara-RAID selles tooteklassis tegelikult tarkvaraline RAID, mis on realiseeritud nii seadme BIOS'is kui ka tüürelis.

Selliseid seadmeid kasutades reeglina mahukat riskianalüüsi ei tehta ning käideldavusele suurt rõhku (loe: raha) ei panda, probleemid lahendatakse kas ise või siis arvutipoodides olevate tehnikute abiga. Loomulikult on selliste salvestite kasutamise eelduseks piisavalt madalad riskid ja vajadused.

Ka NAS seadmeid võib laiatarbetoodete hulgast leida.

## Kesktaase salvestid

Kesktaase seadmed on juba võimsamad seadmed, milles on kasutusel erinevad tehnoloogiad töökiiruse ja -kindluse tõstmiseks. Hinnavahe on sadadest tuhandetest kroonidest mõne miljoni kroonini.

Tehnoloogiatest on kasutusel eelkõige SAS ja FC (*Fibre Channel*) kõvakettad, mis on ühendatud juba riistvaraliste RAID-seadmete külge. RAID-seadmed on omakorda arvutitega ühendatud SAS või FC liidestega. Kesktaasel on esindatud ka NAS seadmed.

Siin kategoorias algab juba teatav lõtvus standardite osas, nii tuleb kindlasti jälgida seda, milliste teiste toodetega vastav tootja oma toodete koostöö garanteerib. Eriti tuleb seda jälgida FC tehnoloogiaid kasutades. Laiatarbekaupadest eristab neid seadmeid eelkõige suurem funktsionaalsus, suurem käideldavus ja suurem kiirus.

Suurem funktsionaalsus tuleb sellest, et kasutatakse rohkem tarkvara: oma tarkvara on kontrolliterites, mis võimaldab kontrolleri küljes olevatest kõvakestastest ehitada sobiva RAID tasemega süsteeme. Kettahalduseks on kasutusel LVM.

Suurem käideldavus tuleb sellest, et reeglina kasutatakse riistvaralist dubleerimist sellises mahus, et suvalise komponendi tõrge ei peata süsteemi tööd. Nii võib salvestitel olla dubleeritud kõik: alates toiteplokkidest lõpetades kontrolleritega. Enamasti kasutatakse ka kõvaketaste hooldamiseks selliseid RAID tasemeid, mis tagavad mõne ketta rikke korral virtuaalsete ketaste terviklikkuse säilimise. Samuti on kasutusel nn. töövalmis varukettad (*hot-spare*) – kui redundantsetes konfiguratsioonides olevatest ketastest üks tõrkuma hakkab, võtab varuketas tema ülesanded automaatselt üle ning hooldajate ülesandeks jääb tõrkunud ketta asemele füüsiliselt uue varuketta ühendamine. *Hot-spare* kasutamine vähendab aega, mil süsteem töötab suurema riskitasemega (tavaliselt muutub RAID massiiv ühe ketta rikke korral mitteredundatseks, st järgmine rike halvaks töö, seega on oluline, et redundantsetus taastuks võimalikult kiiresti).

Suuremad kiirused on selles tooteklassis saavutatud suurema arvu ketaste ning kiiremate ühendustega. Harilikult on FC ühenduse kiirused 2-4 Gbit/s ning mõnedel seadmetel on võimalik kasutada mitut ühendust paralleelselt.

Kesktaasel tuleb kasutusele ka SAN tehnoloogia.

Selle tooteklassi toodetele on juba võimalik saada ka tootjate hooldust ja laiendatud garantiisid, mis aitavad vähendada riske.

## Kõrgtaseme salvestid

Kõrgtaseme seadmete hinnatase on alates mõnest miljonist kroonist kuni kümnete miljonite kroonideni. Kõrgtaseme seadmed on parimad saadaolevad salvestid, mis on samas ka keerulised kasutada. Kõrgtaseme seadmeid kasutatakse salvestite konsolideerimiseks, samuti kõrgkäideldavate süsteemide loomiseks.

Riistavaraliselt erinevad kõrgtaseme süsteemid kesktaseme süsteemidest põhiliselt numbrite osas: rohkem kettaid (tuhandeid kõvakettaid kümnete asemel), rohkem kontrollereid (kümnetes ja sadades) ja suuremad kiirused (kümned gigabitid).

Ka tarkvara osas on rohkem võimalusi: kõrgtaseme süsteemidel on võimalik kasutada distantскоопiate tegemist (ehk siis *online mirrorid* kasutusel olevatest andmetest), samuti serverita varundusi ja võimsamaid virtualiseerimistehnikaid.

Enamasti on erinevad tarkvaravõimalused ka eraldi litsentseeritavad (nagu juba kesktaseme seadmete puhul), ning need tuleb osta lisaks riistvarale ja sellega kaasa tulevale põhitarkvarale.

SAN tehnoloogia ise on selles kategoorias valdav, ning reeglina on selles kategoorias ühe salvestusseadme külge läbi FC kommutaatorite ühendatud mitmeid servereid.

Kasutatavad töövahendid kipuvad olema keerukad ja seetõttu vajavad kõrgtaseme salvestid ka oma hooldajaid.

Enamasti kõrgtaseme salvesteid ilma tootjapoolse toeta ei osteta, kuna kalleid seadmeid ostetakse eelkõige kriitiliste süsteemide jaoks.

## Varundus

### Sissejuhatus

Varundus on andmete kaitse meetod, mis aitab andmeid kaitsta igasuguste probleemide puhul. Kui andmed on korrektselt varundatud, ei põhjusta ka operaatori eksitus või kellegi kuritahtlikkus täielikku andmete kaotsiminekut.

Oma süsteemi andmeid varundades tuleks kindlasti aluseks võtta riskianalüüs: mis siis juhtub, kui andmeid kätte saada pole võimalik? Kui kaua võib andmete kättesaamine aega võtta?

Lähtuvalt riskianalüüsist tuleks määrata andmetele ka varundusvajadused: kui suured on mahud ja kui sagedasti andmeid tuleks varundada.

Nii näiteks väikefirma puhul võib piisata sellest, et raamatupidamise andmed korra kuus plaadile kirjutatakse, kuna muid olulisi andmeid firmas pole ja raamatupidamise andmete puhul on ka ühe kuu andmete uuesti sisestamine paberarvete põhjal praktiliselt teostatav.

Varunduse toimumist ja ka taastamise toimimist tuleb kindlasti regulaarselt kontrollida, kuna mittetöötavast varundusest abi ei ole, nagu pole abi ka varundusest, millest taastada ei saa. Katastroofiplaanidesse tuleks panna punkt, kuidas taastada terve server varukoopiast, juhul kui varundatakse ka tarkvara peale andmete. Tühja serveri taastamine varukoopiast kipub osutuma keerukaks.

## Varundustarkvara

Varundustarkvara on tarkvara, millega andmeid varundatakse. Erinevatel süsteemidel on erinevad vajadused ning lähtuvalt sellest ka erinevad võimalused kasutada varundustarkvara. Juba riistvara/tarkvaraplatvorm võib piirata seda, millist varundustarkvara on võimalik kasutada. Edasi tulevad juba spetsiifilisemad nõudmised: nii näiteks võib teil tarvis olla mingi andmebaasi või koguni rakenduse andmete varundamiseks (ja ka taastamiseks) spetsiaalset tuge.

Varundustarkvara võimalused varieeruvad suures mahus. Lihtsamad varundustarkvarautiliidid on kaasas juba operatsioonisüsteemidega. Näiteks *tar* ja *cpio* on varundustarkvara. Kallimad varundustarkvarapaketid võimaldavad mitmete andmevoogude mitmesse varundusserverisse paralleelselt kopeerimist, samuti koostööd kõrgetaseme salvestitega - andmete kopeerimist SAN seadmest otse varundusse ilma serverite abita.

Varundustarkvara puhul on peale kasutatava riistvara määramist edasi oluline määrata ka varundusgraafik. See on siis kava, millal milliseid varundusi läbi viia. Nimelt on olemas kolme sorti varundustasemeid:

- 1) täielik – sel juhul varundatakse kõik andmed
- 2) täiendav – sel juhul varundatakse andmed, mis on muutunud alates eelmisest varundusest (täiendav või täielik)
- 3) konsolideeriv – sel juhul varundatakse kõik andmed, mis on muutunud alates viimasest täielikust varundusest.

Varundusgraafiku koostamisel kombineeritakse tasemeid, enamasti kasutatakse kahe taseme kombinatsioone.

Näiteks täielik + täiendav varundusgraafiku puhul võidakse otsustada, et laupäeviti tehakse täielik varukoopia, teistel päevadel täiendav koopia. Taastamisel tuleb siis võtta viimane täielik koopia ning sellele lisaks kõik täiendavad koopiad, mis on tehtud alates sellest täielikus koopiast.

Vastavalt oma vajadustele tuleks koostada ka varundusgraafik. Kuigi täiendavad varundused võtavad vähem ruumi ja käivad kiiremini kui täielikud, siis on meedia hulk, mis taastamiseks kulub (ning seega ka aeg) samuti suurem.

Lisaks sellele tuleks planeerida (ja ka seadistada varundustarkvaras) ka meedia kasutamise plaanid, ehk siis millal meediat üle kirjutatakse ja kui kaua on võimalik vaadata, mis meedial on, ehk hoida indekseid vastava meedia kohta. Samuti tuleks planeerida andmete arhiveerimine, ehk see, millistest varukoopiatest teha eraldi koopiad pikemaajaliseks säilitamiseks.

Uutele varundussüsteemidele on lisatud peale hariliku andmete varundamise ka andmete automaatne arhiveerimine, ehk mõnda aega muutmata ja ka vaatamata failid kustutatakse ning salvestatakse varukoopiatesse permanentseks säilitamiseks.

## Varundusriistvara

Varundusriistvaras on tänapäeval eelistatud meetodiks magnetlindid, seda oma pika elueaga ning lihtsa käsitsemise tõttu. Kasutatakse peamiselt DAT, DLT ja LTO seadmeid.

Laiatarbevahenditeks kasutatakse varundamiseks nii lisakõvakettaid kui ka optilist meediat (CD, DVD).

Kui DAT lint mahutab ca 40 G ja LTO-3 seade ca 800 G, siis suuremate andmemahutude puhul tuleb kasutada lindiroboteid. Lindirobot on seade, kus on lindilugemisseadmed, lintide hoidmise sahtlid ning käpp, mis liigutab linte sahtlitest seadmetesse ja tagasi.

Kuigi üks LTO-3 lint, mis mahutab kompressitult 800 G ja kompressimata 400 G andmeid, on hinnalt samas suurusklassis hariliku SATA kõvakettaga, kasutatakse varundussüsteemides eelistatavalt ikkagi linte nende lihtsa käsitlemise, passiivse energiatarbe (lint ei vaja roboti riiulis seistes energiat), parema arhiveeritavuse jms tõttu.

Kui te olete soetanud endale kalli varundusseadme ning varundate hoolsalt andmeid, ei maksa unustada ka kohta, kus hoida varundusmeediat. Varundusmeedia kipub olema tundlik keskkonnamõjudele, eelkõige temperatuurikõikumistele ning ka otsesele päikesevalgusele ning võib karmides oludes kiiresti andmed kaotada.