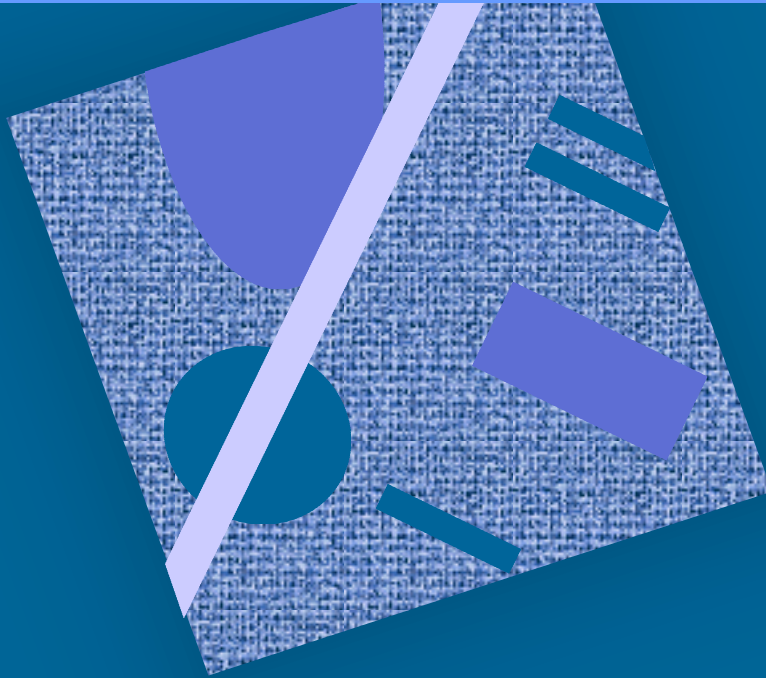


# Luento 9

## Järjestelmän ulkoinen muisti



Muistihierarkia

Kiintolevyt

Muut pyörivät levyt

I/O:n toteutus

# Muistihierarkia (4)

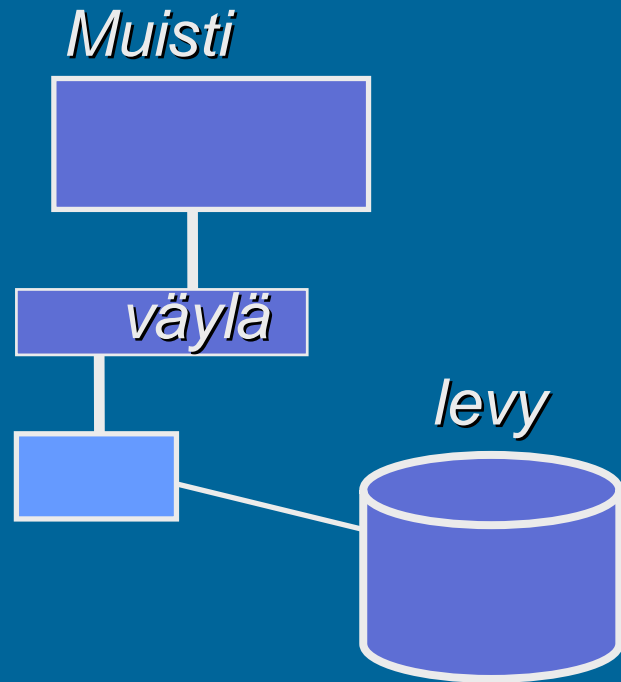
ks. Fig. 4-1 [Stal99]

- Ulkoinen muisti on halvempaa toteuttaa per tavu
- Ulkoinen muisti on hyvin paljon hitaampaa kuin sisäinen muisti
- Aika/tila optimointi
  - suuret tietomäärät täytyy (kannattaa) kustannussyistä pitää ulkoisessa muistissa
  - pienet tietomäärät täytyy (kannattaa) tehokkuussyistä pitää sisäisessä muistissa
- Kaiken viitatus tiedot tulee suoritusaikana olla sisäisessä muistissa!



# Virtuaalimuisti (3)

- Osa muistihierarkiaa
- Vastaus ongelmaan
  - miten tehdä suoritusajaisesta muistista ”yhtä suuri” kuin levymuisti ja ”yhtä nopea” kuin keskusmuisti?
- Kaksitasoinen:
  - keskusmuistissa kulloinkin käytössä olevat alueet
  - levyllä kaikki tiedot
  - kopiointi tarvittaessa



# Virtuaalimuistin toteutus (4)

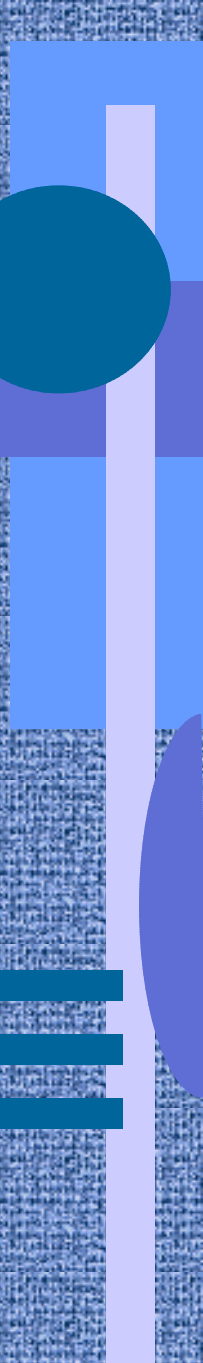
- Toteutustavat
  - kanta- ja rajarekisterit
  - sivutus
  - (segmentointi ja sivuttava segmentointi)
- Pääosa toteutuksesta ohjelmistotasolla
- Laitteistotuki
  - MMU – muistinhallintayksikkö
  - nopeuttaa viitatus muistipaikan todellisen osoitteen laskentaa
  - rakenne ja toiminta vaihtelee virtuaalimuistin toteutustavan mukaan

Lisää  
tietoa?



Tieto-  
koneen  
rakenne

Käyttö-  
järj.-  
I ja II



# Tiedostojärjestelmä <sup>(5)</sup>

- KJ:n osa, hallitsee kaikkia tiedostoja
- Valvoo oikeuksia tiedostoa avattaessa
- Muuntaa tiedostonimet fyysisiksi osoitteiksi
- Ylläpitää taulukoita, joista näkee mitä kohtaa mistäkin tiedostosta kukin prosessi on käsittelemässä
- Tiedostojärjestelmä lukee ja kirjoittaa tiedostoja suurina kerralla käsiteltävinä lohkoina (0.5-8 KB?)
  - käyttäjätason prosessit käsittelevät tiedostoja tavuittain eikä niiden tarvitse tietää tiedoston todellista fyysistä rakennetta (laiteajuri huolehtii siitä)

# Levymuisti <sup>(9)</sup>

ks. Fig 5.3 [Stal99]

- Levykkö

150 MB-181GB/levykkö

- pyörii nopeasti (koko ajan?)

~ 3600-10800 rpm

- luku/kirjoituspäät liikkuvat kaikki yhtä aikaa?

- monta levyä

~ 1-16 levyä/levykkö

- Levypinta

ks. Figs 5.3, 5.4 [Stal99]

- 2 per levy (tai 1)

~ 2000-3000 uraa/pinta

- ura

~ 20-100 sektoria/ura

- sektori: pienin kerralla osoitettavissa oleva alue

~ 0.5-8KB/sektori

- sylinteri: päällekkäin olevat urat, luku/kirj. pää samalla kohtaa

~ 1-32 uraa/sylinteri

# Levymuistin saantiaika <sup>(5)</sup>

- Tiedon osoite: levypinta + ura + sektori
  - laiteajuri etsii KJ-taulukoista loogisen osoitteen perusteella ks. Fig 5.4 [Stal99]
- Saantiaika:
  - hakuvarren siirtoaika (seek time)  
Esim: aver 6.3 ms, min-max 2-15 ms?
  - odota kunnes sektori kohdalla (rotational delay)  
Esim: pyörähdysviive kun 3600 rpm: 8.33 ms  
(keskim. puolen kierroksen aika)
  - siirrä sektorin verran tietoa (data transfer time)  
Esim: pyör.aika / sekt. lkm = 0.42 ms



# Tiedoston talletus levyille (2)

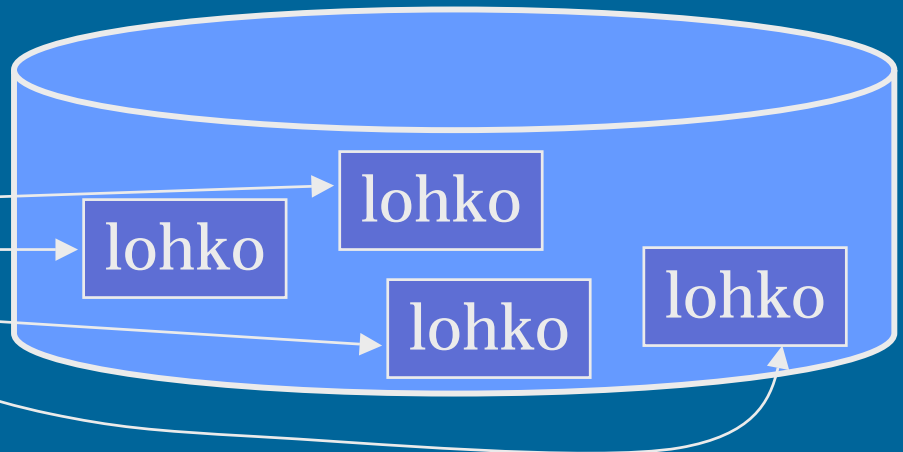
- Tiedosto koostuu useista lohkoista
  - lohko per sektori (lohko per usea sektori?)
- Levyn hakemistossa on tieto kunkin tiedoston käyttämistä lohkoista
  - luetaan lohkot annetussa järjestyksessä

hakemisto  
alkio

FileA

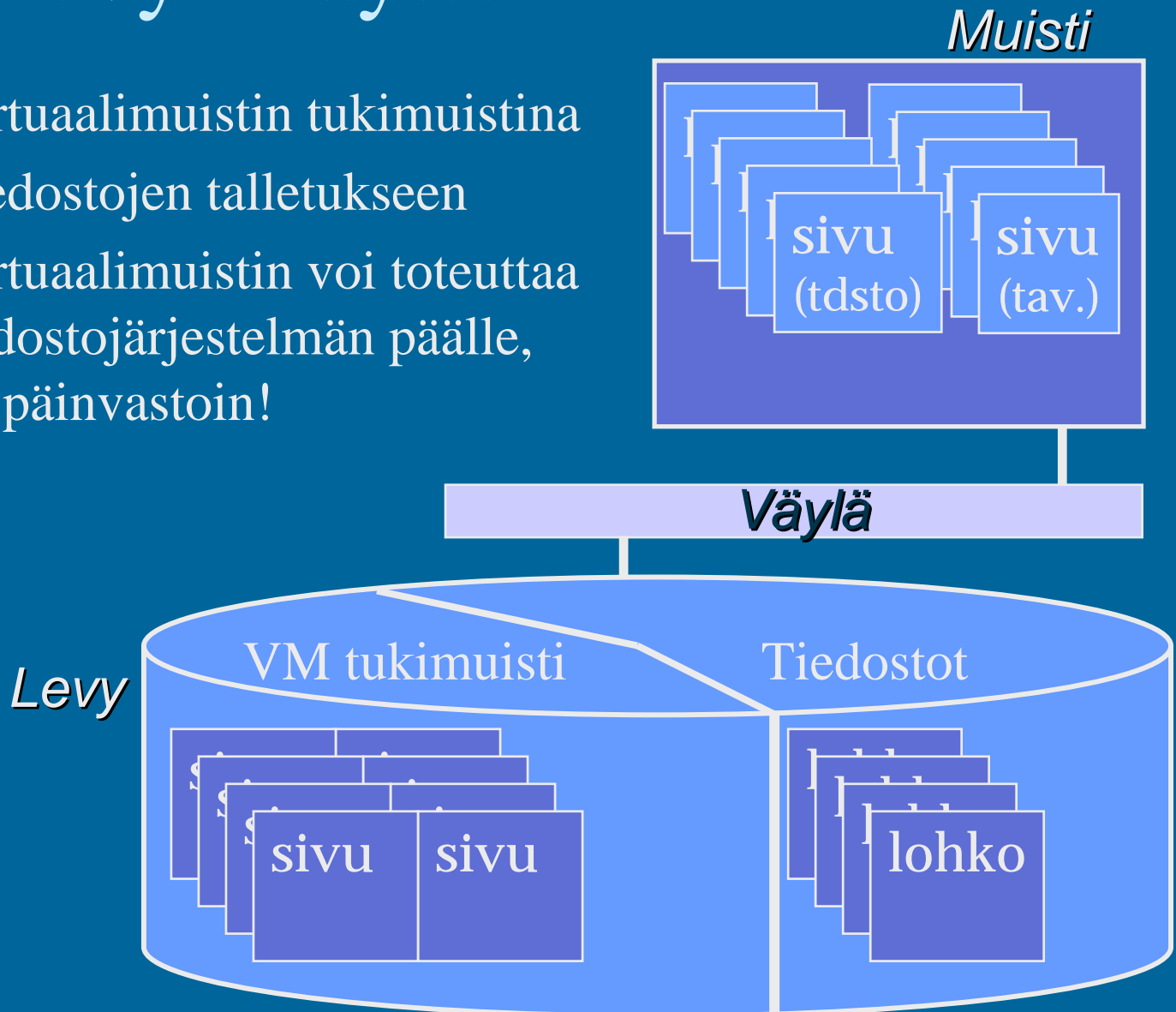
(unix)

indeksi  
lohko



# Levyn käyttö

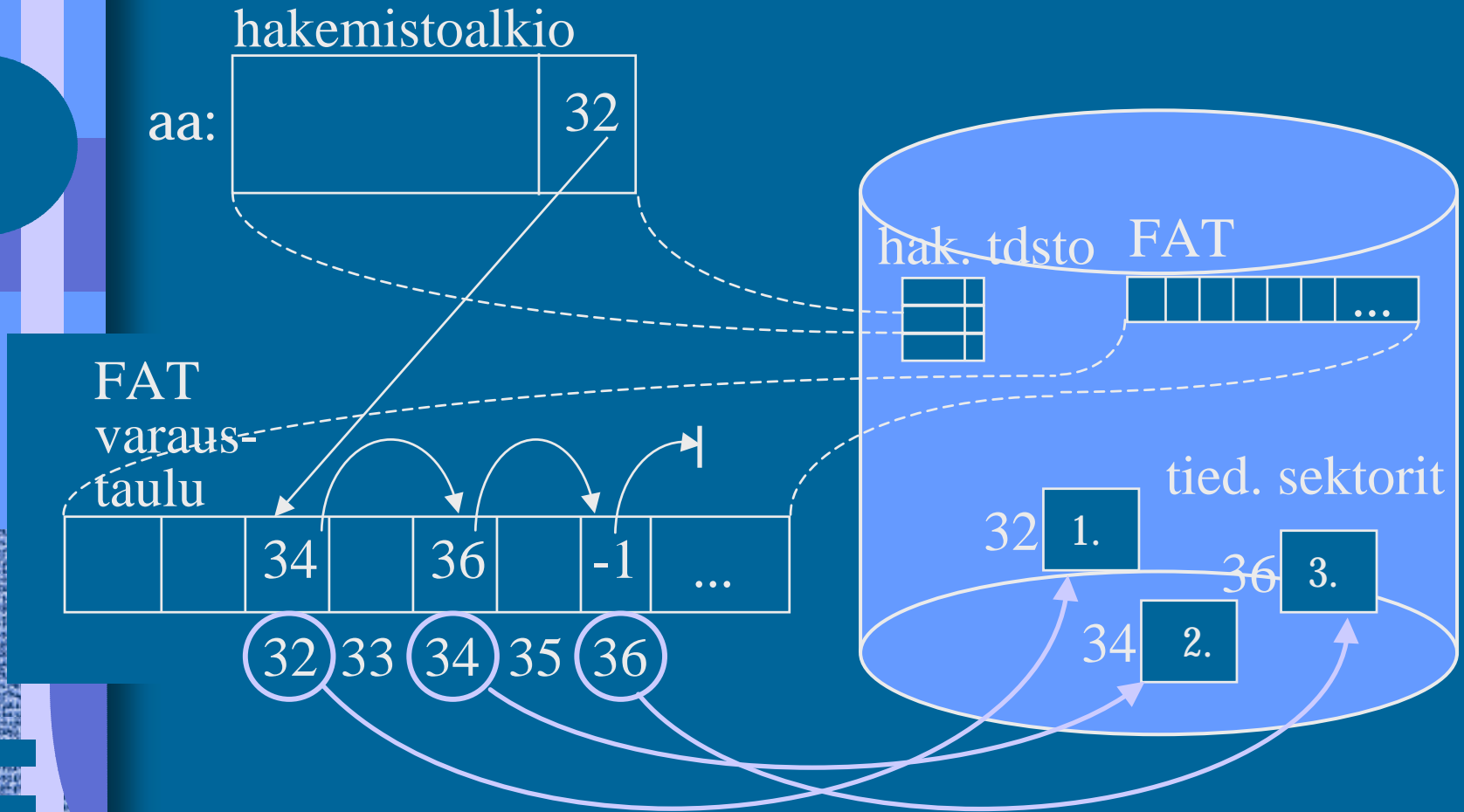
- Virtuaalimuistin tukimuistina
- Tiedostojen talletukseen
- Virtuaalimuistin voi toteuttaa tiedostojärjestelmän päälle, tai päinvastoin!



# DOS-levykkeen rakenne (2)

- FAT – File Allocation Table
  - kertoo, mitkä sektorit ovat vapaana
  - kertoo, mitkä sektorit ovat käytössä millekin tiedostolle
  - kiinteä paikka levykkeellä, 2 kopiota
- Hakemisto
  - erikoistyyppinen tiedosto
  - sisältää hakemistoalkion joka tiedostolle
    - nimi, tyyppi, koko, muutos pvm ja kellonaika
    - attribuutit (invisible, read-only, ...)
    - linkki ensimmäiseen sektoriin FAT:ssä

# FAT - File Allocation Table (DOS)



DOS levykkeet: 1.44MB, lohko 512 B, 2.9K lohkoa  
entä: 1 GB, lohko 64 KB, 64K lohkoa OK?

# Mikä on hyvä levylohkon koko?

- Mihin käyttöön?
- Videokuvan talletus/playback?

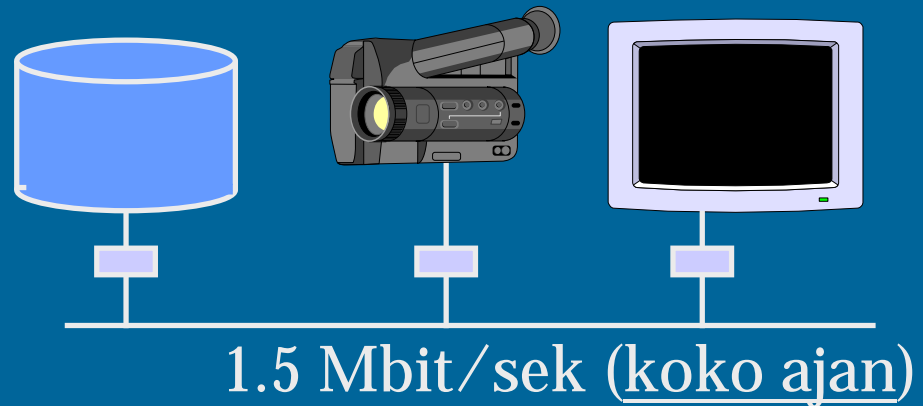
- 1 minuutti
- 12.3 MB

- lohko 4KB?  
osoitetaulu?

- epäsuorat viittaukset?

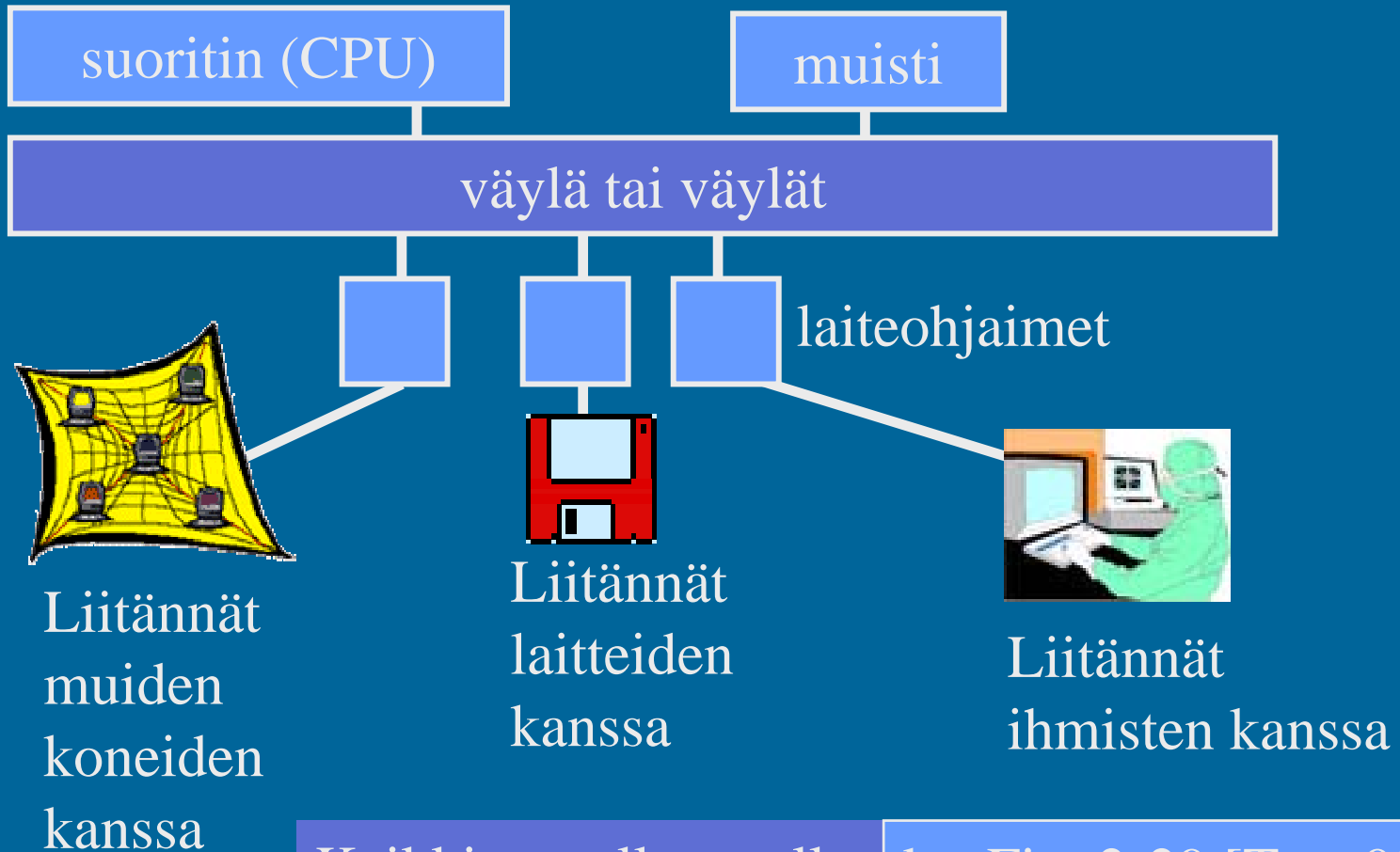
- riittääkö levyn/väylän/ohjaimien nopeus?

- entä jos 1 tunti? riittääkö levyn kapasiteetti?



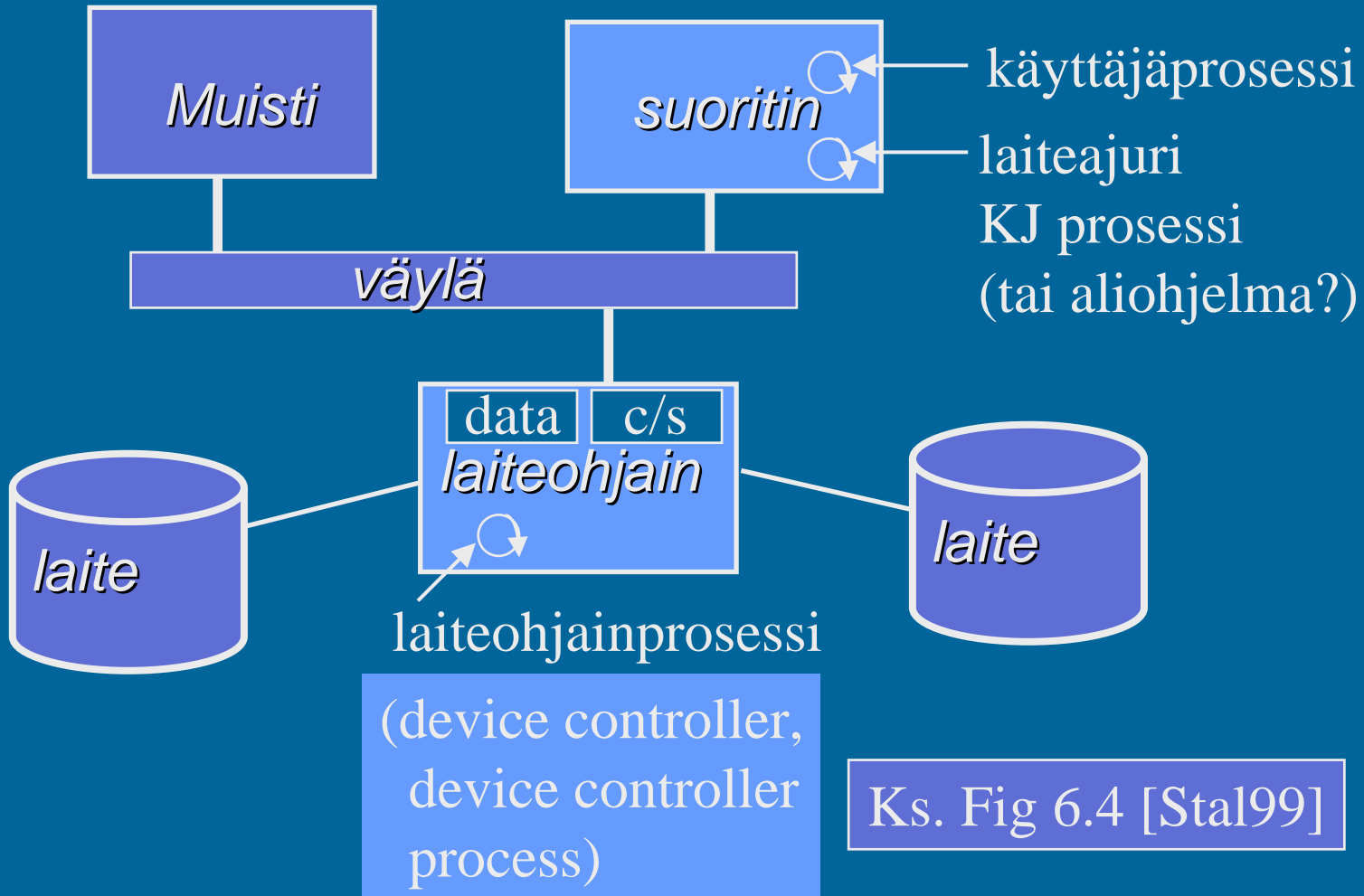


# Laitteiden liittäminen järjestelmään (4)



Kaikki samalla tavalla: ks. Fig. 2-29 [Tane99]

# Laiteohjain (I/O Moduuli)





# Laitteiden käytön toteutus (5)

ks. laiteohjainkuva (ed. kalvo)

- Käyttäjäohjelma kutsuu käyttöjärjestelmän laiteajuria tekemään I/O:n. Laiteajuri suoritetaan samalla suorittimella kuin käyttöohjelmakin.
- Laiteajuri ohjaa laitteen toimintaa laitteen laiteohjaimella olevien kontrollirekisterien (muistialue ”c”) avulla
- Laiteajuri voi lukea laitteen tilatietoa laiteohjaimella olevien statusrekisterien (muistialue ”s”) avulla
- Laiteajuri voi lukea (kirjoittaa) laitteen lukemaa (laitteelle kirjoitettavaa) tietoa laiteohjaimella olevien datarekistereiden (muistialue ”data”) avulla
- Kontrolli-, status- ja datarekisteri kolmikko muodostaa ”I/O portin” suorittimen näkökulmasta

# Laiteohjaimen rekistereihin viittaaminen <sup>(5)</sup>

- Ongelma: miten suorittimella suorittavan laiteajuri viittaa eri kortilla oleviin rekistereihin? ks. laiteohjainkuva
- Ratkaisu 1: omat I/O-konekäskyt tätä tarkoitusta varten
  - käskyssä annetaan laiteohjaimen identifikaatio ja rekisterin nro (I/O osoiteavaruus)
  - vaikea laajentaa käyttöä uusiin laitteisiin, joilla ”laiterekisterit” voivat olla hyvinkin erilaisia
  - suorittimen konekäskyjä ei voi muuttaa

x86: IN, OUT  
INS, OUTS

KOKSI:  
IN, OUT

ks. Minix esimerkin  
port\_out [Tane87]

# Ratkaisu 2: muistiinkuvattu I/O <sup>(5)</sup>

ks. laiteohjainkuva

- Laiteajuri lukee/kirjoittaa laiteohjaimella olevia rekistereitä (data, status/kontrolli) tavallisilla muistin luku/kirjoitus käskyillä
  - ei tarvita erillisiä I/O-konekäskyjä!  
load R1,=DiskRd  
store R2, DiskCtr
  - laiteohjaimella olevat ”laiterekisterit” ovat samanlaista viitattavaa muistia kuin ”normaali muisti”
  - muistisoitteen ensimmäiset bitit valitsevat, mille laitteelle (vai tavallisen muistiin) viittaus kohdistuu  
DiskCtr EQU 0x80000001
  - voidaan käyttää rinnan I/O käskyjen kanssa (laiterekistereihin voi siis viitata sekä I/O-käskyillä että muistiinkuvatun I/O:n avulla)  
esim. Intelin arkkitehtuurit

# I/O tyypit (2)

ks. laiteohjainkuva

- **Suora I/O:** laiteajuri odottaa tiukassa silmukassa, kunnes laiteohjaimen statusrekisteri ilmoittaa I/O-pyyntöön valmistuneen (direct I/O)
  - laiteajuri siirtää tietoa muistin ja datarekisterin välillä
- **Epäsuora I/O:** I/O:n odotusaikana suorittimella suoritetaan jotain muuta ohjelmaa (indirect I/O interrupt driven I/O)
  - Kun I/O-pyyntö valmistuu, laiteohjain antaa keskeytyksen (laitekeskeytys, I/O interrupt) suorittimelle, joka (jonkin ajan kuluttua) jatkaa kesken jäänyttä I/O-pyyntöön esittänyttä ohjelmaa.
  - laiteajuri siirtää tietoa muistin ja datarekisterin välillä

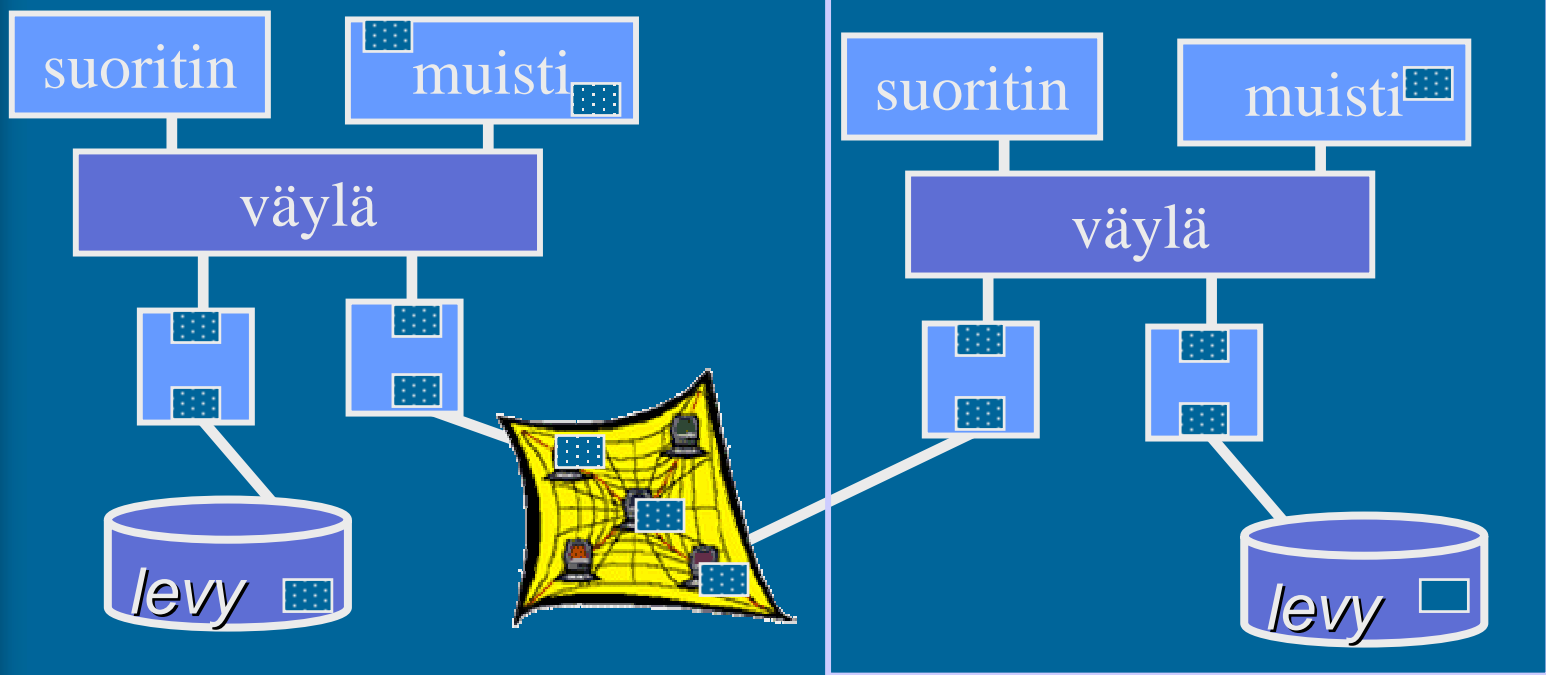
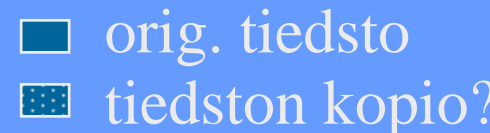
# I/O tyypit (jatkoa) (4)

ks. laiteohjainkuva

- **DMA - Direct Memory Access**
  - älykkäämpi laiteohjain
  - laiteohjain voi suoraan kopioida tiedot keskusmuistiin
    - laiteajurin ei tarvitse laiterekistereitä käyttäen siirtää tietoa muistin ja datarekisterin välillä
  - laiteohjain tekee paljon suuremman määrän työtä itsenäisesti (kuin epäsuorassa I/O:ssa) ennen suorittimelle annettavaa laitekeskeytystä

# Tiedostopalvelin

- (Lähi)verkossa oleva palvelin
- Käytettäessä tiedoston (osien) kopio on muistissa (ja ehkä myös paikallisella levyllä)



# Tiedostopalvelin <sup>(4)</sup>

- Käytetään kuten paikallista levyä oman systeemin KJ:n liitospalikan avulla
- Paljon hitaampi kuin paikallinen levy
- Tiedostovälimuistit (file cache)  
(muistipuskurit tai levypuskurit)  
nopeuttavat toimintaa käytännössä
  - omassa järjestelmässä
  - palvelimella
  - 50% oman järjestelmän keskusmuistista voi olla varattu tiedostovälimuistille
  - tiedon päivitys tiedoston kirjoituksen yhteydessä?

Lisää  
tietoa?



KJ kurssit





# Esimerkki: kirjoittimen laiteajuri ttk-91 koneelle <sup>(5)</sup>

- Laitteella voi tulostaa kokonaislukuja yksi kerrallaan
- Muistiinkuvattu I/O, suora I/O

- Laiteportti

- kontrollirekisteri                      muistipaikka 1048576 = 0x80000
- tilarekisteri                              muistipaikka 1048577 = 0x80001
- datarekisteri                              muistipaikka 1048578 = 0x80002

- Laiteajuri toimii etuoikeutetussa tilassa

- Kutsu:

```
PUSH SP, =0      ; space for return value
PUSH SP, X       ; parameter to print
SVC  SP, =Print  ; returns Success/Failure
POP  SP, R1
JNZER R1, TakeCareOfTrouble
```

# Esim: laiteajurin toteutus (12)

ptrCtr DC 1048576 ; control register address  
ptrStat DC 1048577 ; status register address  
ptrData DC 1048578 ;  
retVal EQU -3  
parData EQU -2

Solution with no timeout

Oleta: SVC:n ja IRET:n  
toteutus samalla tavalla  
kuin CALL ja EXIT

```
Print    PUSHR SP                ;save regs
         LOAD  R1, parData(FP)
         STORE R1, @ptrData ; data to print


---


         LOAD  R1, =0
         STORE R1, @ptrStat ; init (clear) state register


---


         LOAD  R1, =1
         STORE R1, @ptrCtr ; give command to print


---


Wait     LOAD  R1, @PtrStat ; check state register
         JNZER R1, Done
         JUMP  Wait          ; wait until I/O done


---


Done     LOAD  R1, =0          ; return "Success"
         STORE R1, retVal(FP)
         POPR  SP              ; recover regs
         IRET  SP, =1
```



See: driver.k91

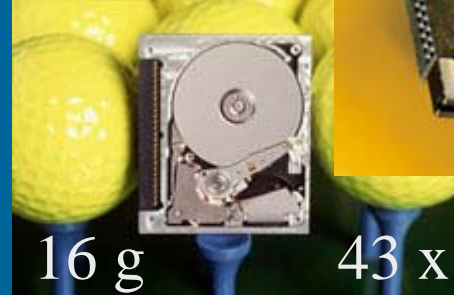


# Erilaisia levyjä

- Kiintolevy
- ZIP levyke
- Levyke
- CD-ROM, CD-R, CD-RW
- DVD
- ...?...

# Kiintolevy

- Kiinteä, ei vaihdettavissa oleva levy
- Tila: 0.150-181 GB (v. 2000)
- Hakuaika: 5-15 ms
- 1-10 levyä
- Pyörimisnopeus: 4500-10800 rpm
- Siirtonopeus: 5-50 MB/sec



16 g



43 x 36 x 5 mm



# Zip & Jaz levykeasemat



- Vaihdeettava levyke
- Tila: 0.1-2 GB
- Hakuaika: 10-30 ms
- Pyörimisnopeus: 3000-5400 rpm
- Siirtonopeus: 1-6 MB/sec

# Levykeasema

- Vaihdeettava levyke
- Tila: 1.44 MB
- Hakuaika 90 ms
- Pyörimisnopeus 300 rpm
- Siirtonopeus 0.05 MB/sec



# CD - Compact Disc

- Vaihdelevy
- CD-R (Recordable)
- CD-RW (Rewritable)
- Yksi pitkä spiraalimainen ”ura”
- Tila: 650 MB
- Haku-aika 90 ms
- Pyörimisnopeus 200-9000 rpm
- Siirtonopeus 0.1-2 MB/sec





# DVD - Digital Versatile Disk

- Vaihdettava levyke
- DVD-ROM
- DVD-R (Recordable)
- DVD-RAM
  - kuten tavallinen kovalevy
- Tila: 4.7-17 GB
- Haku aika 100-180 ms
- Pyörimisnopeus 2000-8000 rpm
- Siirtonopeus 2-8 MB/sec
  - hitaampi kuin kovalevy



# -- Luennon 9 loppu --

Fig. 5.47 from  
Hennessy-Patterson,  
Computer Architecture

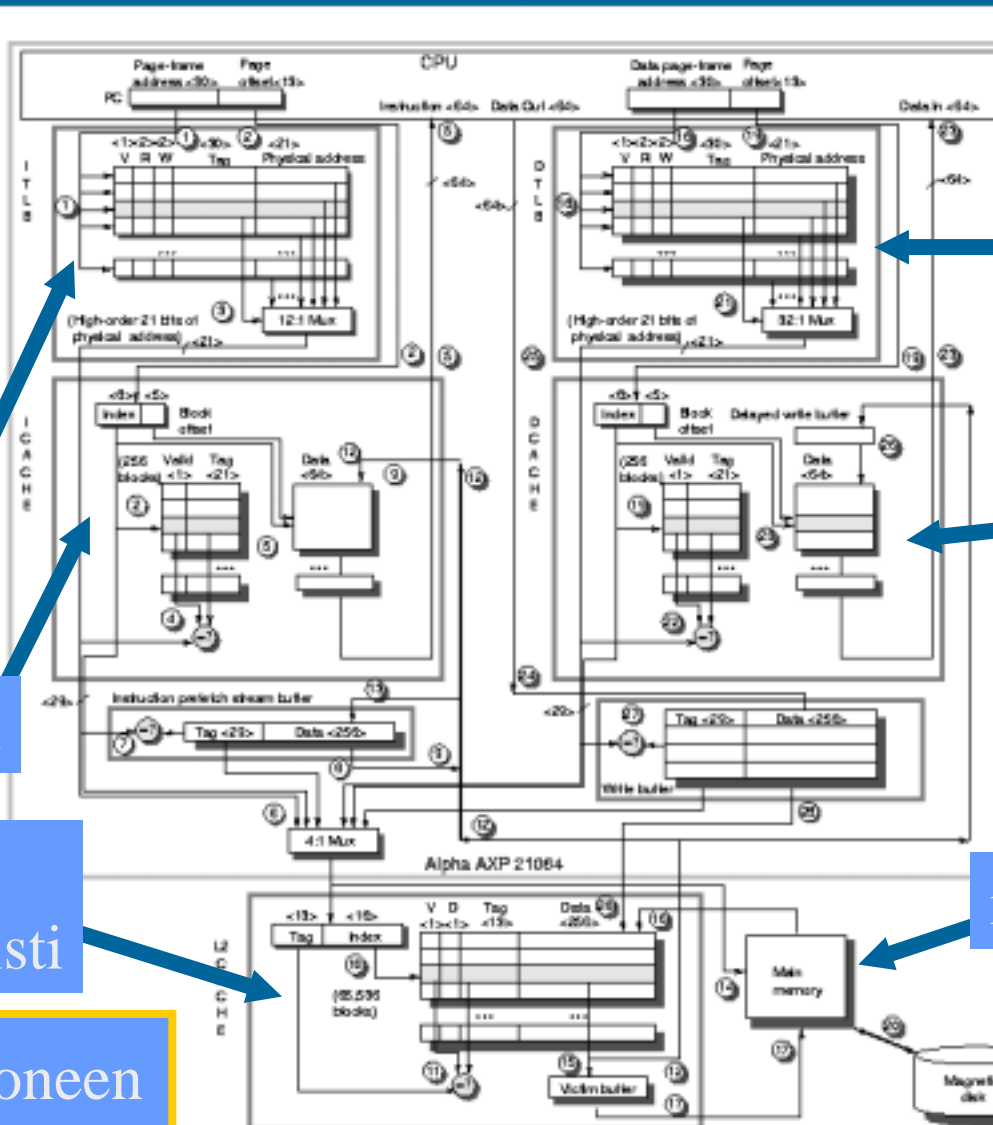
Alpha AXP 21064  
memory hierarchy

käsky TLB  
(virt.muistin tueksi)

käskyvälimuisti

Käskyjen ja datan  
yhteinen L2 välimuisti

Lisää  
tietoa?  Tietokoneen  
rakenne



data TLB

data-  
välimuisti

muisti

levy