Luento 9
Järjestelmän ulkoinen muisti

Muistihierarkia

Kiintolevyt

Muut pyörivät levyt

I/O:n toteutus

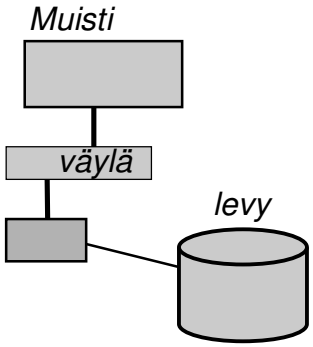
Muistihierarkia (4)

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 viitatun tiedot tulee suoritusaikana olla sisäisessä muistissa!

Virtuaalimuisti (3)

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



26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 3

Virtuaalimuistin toteutus (4)

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

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 4

Tiedostojärjestelmä (5)

- 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 (9)

ks. Fig 5.3 [Stal99]

- 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)
  - ura ~ 2000-3000 uraa/pinta
  - sektori: pienin kerralla osoitettavissa oleva alue ~ 20-100 sektoria/ura ~ 0.5-8KB/sektori
  - sylinteri: päällekkäin olevat urat, luku/kirj. pää samalla kohtaa ~ 1-32 uraa/sylinteri

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 7

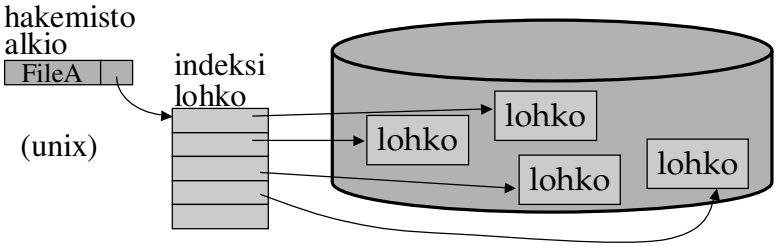
Levymuistin saantiaika (5)

- 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

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 8

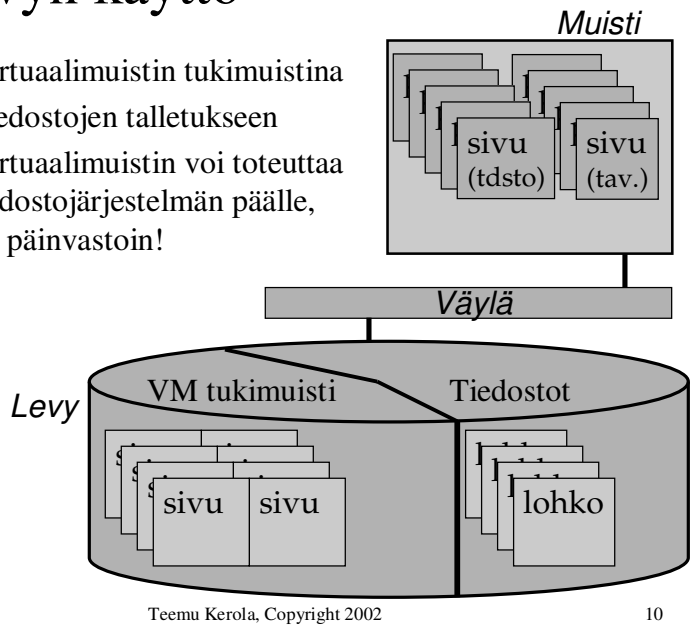
Tiedoston talletus levylle (2)

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



Levyn käyttö

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

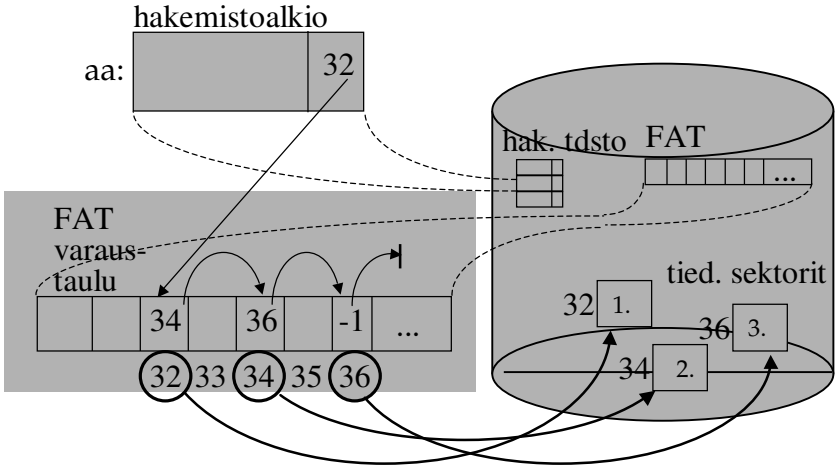


DOS-levykkeen rakenne (2)

- 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

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 11

FAT - File Allocation Table (DOS)

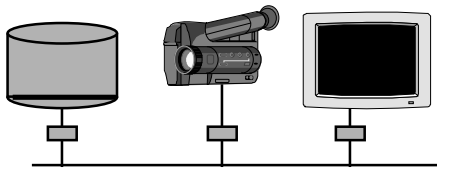


DOS levykkeet: 1.44MB, lohko 512 B, 2.9K lohkoa
entä: 1 GB, lohko 64 KB, 64K lohkoa OK?

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 12

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?

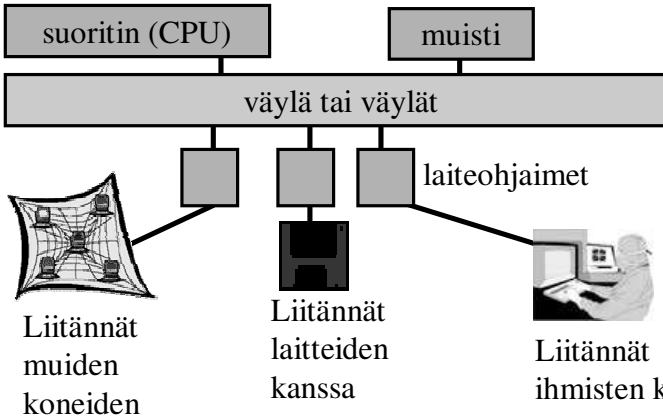


1.5 Mbit/sek (koko ajan)

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 13

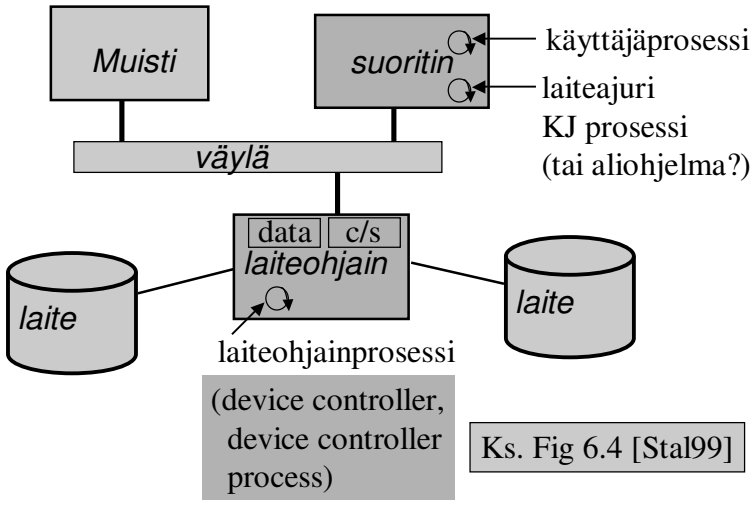
26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 14

Laitteiden liittäminen järjestelmään (4)



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

Laiteohjain (I/O Moduuli)



(device controller, device controller process)

Ks. Fig 6.4 [Stal99]

Laitteiden käytön toteutus (5)

ks. laiteohjainkuva (ed. kalvo)

- Käyttäjäohjelma kutsuu käyttöjärjestelmän laiteajuria tekemään I/O:n. Laiteajuri suoritetaan samalla suorittimella kuin käyttäjäohjelmakin.
- 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 (5)

- 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 (5)

ks. laiteohjainkuva

- Laiteajuri lukee/kirjoittaa laiteohjaimella olevia rekistereitä (data, status/kontrolli) tavallisilla muistin luku/kirjoitus käskyillä

```
load  R1,=DiskRd
store R2, DiskCtr
```

  - ei tarvita erillisiä I/O-konekäskyjä!
  - 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

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 19

I/O tyypit (2)

ks. laiteohjainkuva

- **Suora I/O**: laiteajuri odottaa tiukassa silmukassa, kunnes laiteohjaimen statusrekisteri ilmoittaa I/O-pyynnön 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-pyynnön esittänyttä ohjelmaa.
  - laiteajuri siirtää tietoa muistin ja datarekisterin välillä

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 20

I/O tyypit (jatkoa) (4)

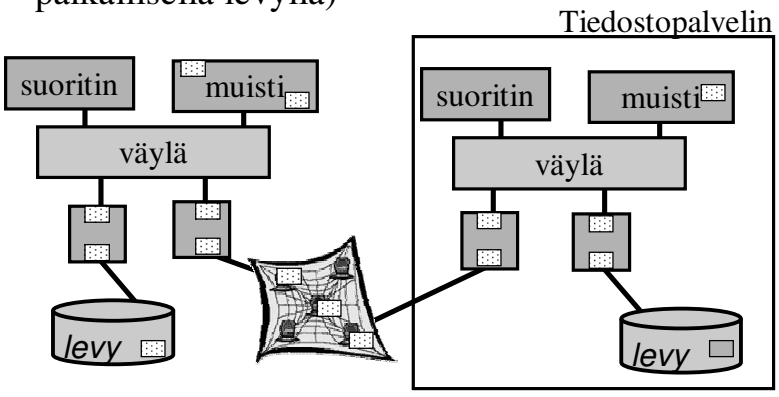
ks. laiteohjainkuva

- **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)

orig. tiedsto
tiedston kopio?



Tiedostopalvelin (4)

- 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 (5)

- 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
```

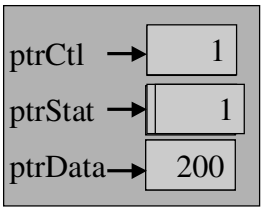
Solution with no timeout

```
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
```

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

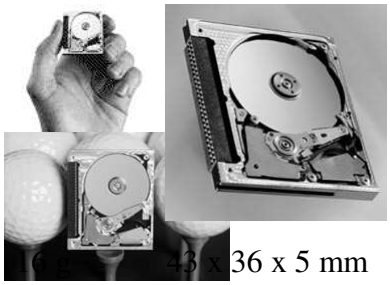


See: driver.k91

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

43 x 36 x 5 mm

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 29

Zip & Jaz levykeasemat

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

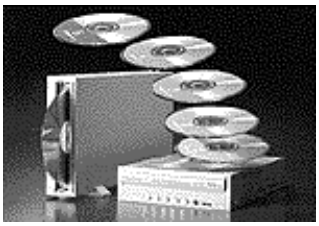
26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 30

Levykeasema

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

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 31

CD - Compact Disc



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

26.8.2002 Teemu Kerola, Copyright 2002 32

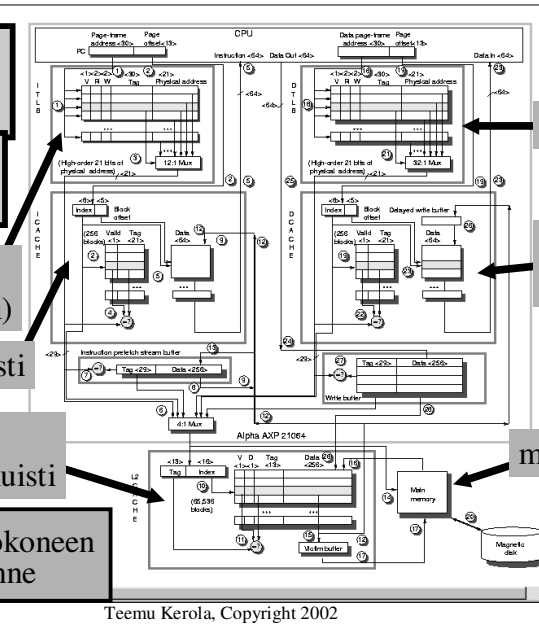
DVD - Digital Versatile Disk

- Vaihdettava levyke
- DVD-ROM
- DVD-R (Recordable)
- DVD-RAM
  - kuten tavallinen kovalevy
- Tila: 4.7-17 GB
- Hakuaika 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



data TLB

data-välimuisti

käsky TLB (virt.muistin tueksi)

käskyvälimuisti

Käskyjen ja datan yhteinen L2 välimuisti

muisti

levy

Lisää tietoa? Tietokoneen rakenne