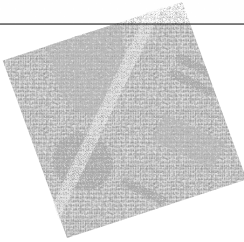


Luento 9

Järjestelmän ulkoinen muisti



Muistihierarkia
Kiintolevyt
Muut pyörivät levyt
I/O:n toteutus

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

1

Muistihierarkia (4)

ks. Fig. 2-18 [Tane99]

- 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 suoritusajana olla sisäisessä muistissa!

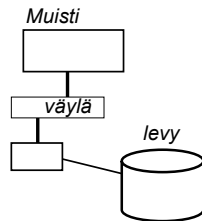
27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

2

Virtuaalimuisti (3)

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



27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

3

Virtuaalimuistin toteutus

- Toteutustavat
 - kanta- ja rajarekisterit
 - sivutus
 - (segmentointi ja sivuttava segmentointi)
- Pääosatoteutuksesta ohjelmistotasolla
- Laitteistotuki
 - MMU - muistinhallintayksikkö
 - nopeuttaa viitatus muistipaikan todellisen osoitteen laskentaa
 - osoitetta ei tarvitse laskea usealla konekäskyllä, kun MMU tekee sen laitteistotasolla
 - rakenne ja toiminta vaihtelee virtuaalimuistin toteutustavan mukaan

Lisää tietoa?  Tietokoneen rakenne, Käyttöjärjestelmäkurssit I, II

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

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, niiden ei tarvitse tietää tiedoston todellista fyysistä rakennetta (KJ:n laiteajuri huolehtii siitä)

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

5

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

6

Levymuisti ⁽⁹⁾

ks. Fig. 6.2 [Stal03]

- Levykkö
 - pyörii nopeasti (koko ajan?) ~ 3600-10800 rpm
 - luku/kirjoituspäätt liikkuvat kaikki yhtä aikaa?
 - monta levyä ~ 1-16 levyä/levykkö
- Levyypinta
 - 2 per levy (tai 1) ks. Fig.6.2, 6.5 [Stal03]
 - ura ~ 2000-3000 uraa/pinta
 - sektori: pienin kerralla osoitettavissa oleva alue ~ 20-100 sektoria/ura
 - sylinteri: päällekkäin olevat urat luku/kirj. pää samalla kohtaa ~ 0.5-8 KB/sektori
~ 1-32 uraa/sylinteri

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

7

Levymuistin saantiaika ⁽²⁾

- Tiedon osoite: levyypinta + ura + sektori
 - laiteajuri etsii KJ-taulukoista loogisen osoitteen perusteella ks. Fig.6.5 [Stal03]
- Saantiaika:
 - hakuvarren siirtoaika (seek time)
 - aver 6.3 ms, min 2 ms, max 15 ms (?)
 - odota kunnes sektori kohdalla (rotational delay)
 - Esim. Pyörähdysviive on 3600 rpm: 8.33 ms
 - on keskim. puolen pyörähdysksen aika; esim. 3600 rpm => yksi kierros kestää 16.666 ms = puoli kierrosta kestää 8.33 ms
 - siirrä sektorin verran tietoa (data transfer time)
 - esim. pyör.aika/sekt.lkm = 0.42 ms

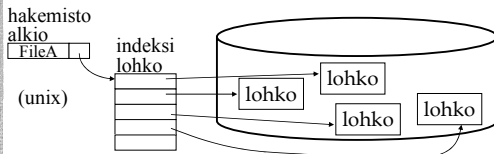
27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

8

Tiedoston talletus levyllä ⁽²⁾

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



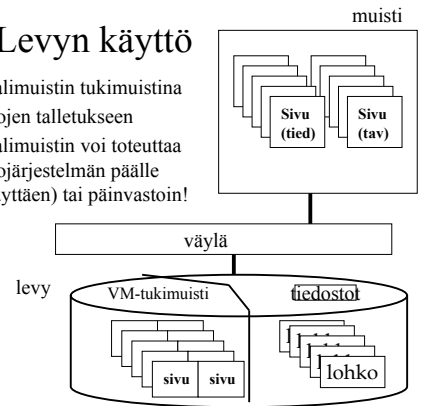
27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

9

Levyn käyttö

- Virtuaalimuistin tukimuistina
- tiedostojen talletukseen
- Virtuaalimuistin voi toteuttaa tiedostojärjestelmän päälle (sitä käyttäen) tai päinvastoin!



27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

10

DOS-levykkeen rakenne

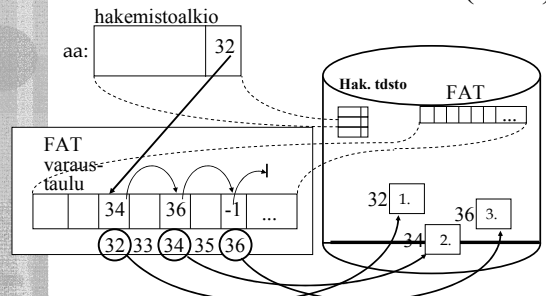
- FAT - File Allocation Table
 - kertoo, mitkä sektorit ovat vapaana
 - kertoo, mitkä sektorit ovat käytössä millekin tiedostolle
 - kiinteä paikka levykkeellä, 2 kopiota
- Hakemisto
 - erikoistyyppinen hakemisto
 - sisältää **hakemistoalkion** joka tiedostolle
 - nimi, tyyppi, koko, muutos pvm ja kellonaika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

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

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?

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

12

Mikä on hyvä levylohkon koko?

- Mihin käyttöön?
- Videokuvan talletus/playback?

- 1 minuutti
- 12.3 MB



1.64 Mbit/sek (koko ajan)

- lohko 4KB? osoitetaulu?

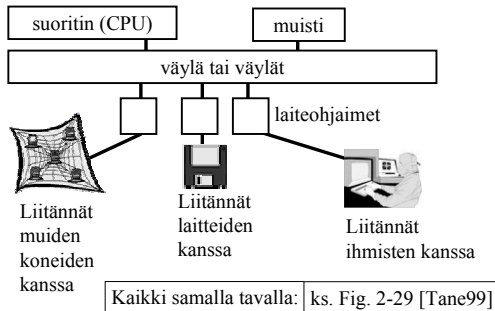
12.3 MB/4KB = 3075 lohkoa

- epäsuorat viittaukset? riittääkö nopeus?
- entä jos 1 tunti? Riittääkö levyn kapasiteetti?

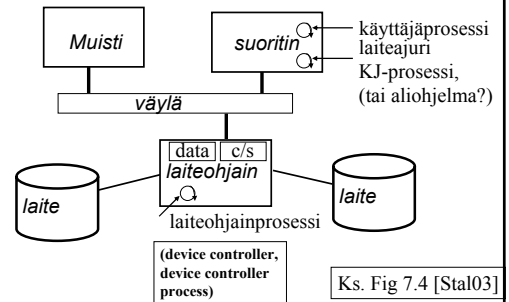
$60 \cdot 12.3 \text{ MB} = 738 \text{ MB} = 5904 \text{ Mb} = 5.9 \text{ Gb}$

$\Rightarrow 184500 \text{ lohkoa a} \cdot 4 \text{ KB}$

Laitteiden liittäminen järjestelmään (4)



Laiteohjain (I/O Moduuli)



Laitteiden käytön toteutus (5)

ks. laiteohjainkuva (ed. kalvo)

- Käyttäjähjelma kutsuu käyttöjärjestelmän laiteajuria tekemään I/O:n. Laiteajuri suoritetaan samalla suorittimella kuin käyttäjähjelmakin.
- Laiteajuri ohjaa laitteen toimintaa laitteen laiteohjaimella olevien kontrollirekisterien (muistialue 'c') avulla
- Laiteajuri voi lukea laitteen tilitietoa 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 suoritettava 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)
 - vaikaa laajentaa käyttöä uusiin laitteisiin, joilla 'laiterekisterit' voivat olla hyvinkin erilaisia
 - suorittimen konekäskyjä ei voi muuttaa

x86: IN, OUT
INS, OUTS

KOKSI: IN R1, =KBD,
OUT R2, =CRT

Ratkaisu 2: muistiinkuvattu I/O ⁽⁵⁾

ks. laiteohjainkuva

- Laiteajuri lukee/kirjoittaa laiteohjaimella olevia rekistereitä (data, status/kontrolli) tavallisilla muistin luku/kirjoitus käskyillä
 - 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
- voidaan käyttää rinnan I/O-käskyjen kanssa (laiterekistereihin voi siis viitata sekä I/O-käskyillä että muistiinkuvatun I/O:n avulla)

load R1, =DiskRd
store R2, DiskCtr

DiskCtr EQU 0x80000001

esim. Intelin arkkitehtuurit

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

19

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 (laitekeskeytykset, I/O interrupt) suorittimelle, joka (jonkin ajan kuluttua) jatkaa kesken jäänyttä I/O-pyyntöä esittänyttä ohjelmaa.
 - laiteajuri siirtää tietoa muistin ja datarekisterin välillä

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

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

27/05/2004

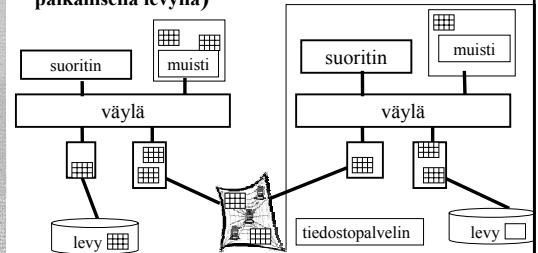
Copyright Teemu Kerola, K2003

21

Tiedostopalvelin

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

orig. tiedosto
 tiedoston kopio?



27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

22

Tiedostopalvelin

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

Lisää tietoa? → käyttöjärjestelmäkurssit

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

23

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

24

Esimerkki: kirjoittimen laiteajuri ttk-91-koneelle

- Laitteella voi tulostaa kokonaislukuja yksi kerrallaan
- Muistiinkuvattu I/O, suora I/O
- Laitoportti
 - kontrollirekisteri muistipaikka 1048567 = 0x80000
 - tilarekisteri muistipaikka 1048577 = 0x80001
 - datarekisteri muistipaikka 1048578 = 0x80002
- Laittajuri toimii etuoikeutetussa tilassa
- Kutsu: PUSH SP, =0 ; paluuarvo: onnistui/epäonnistui
 PUSH SP, X ; parametri
 SVC SP, =Print ;
 POP SP, R1
 JNZER R1, TakeCareOfTrouble

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

25

Esim. laiteajurin toteutus

```
ptrCrt DC 1048576; control register address
ptrStat DC 1048577; status register address
ptrData DC 10485678
retVal EQU -3
parData EQU -2
```

Solution with no timeout

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

```
ptrCrt 1
ptrStat 1
ptrData 200
```

```
Print PUSHR SP ; save regs
      LOAD R1, parData(FP)
      STORE R1, @ptrData ; data to print
      LOAD R1, =0
      STORE R1, @ptrStat ; init stat register
      LOAD R1, =1
      STORE R1, @ptrCrt ; command to print
Wait  LOAD R1, @ptrStat ; check stat 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
```

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

26

Erilaisia levyjä

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

27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

27

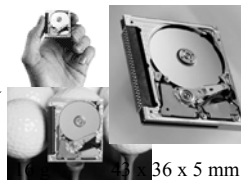
27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

28

Kiintolevy (7)

- Kiinteä, ei vaihdettavissa oleva levy
- Tila: 150 MB - 70 GB
- Haku aika: 5-15 ms
- 1-10 levyä
- Pyörimisnopeus: 4500-10800 rpm
- Siirtonopeus: 5-50 MB/sec



36 x 5 mm



27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

29

Zip- & Jaz-levykeasemat (6)

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



27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

30

Levykeasema (6)

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



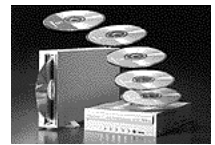
27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

31

CD - Compact Disc (9)

- Vaihdeettava levyke
- 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



27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

32

DVD - Digital Versatile Disk (9)

- Vaihdeettava 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



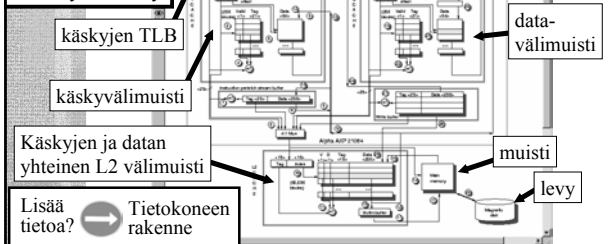
27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

33

-- Luennon 9 loppu --

Fig. 5.47 from Hennessy-Patterson, Computer Architecture Alpha AXP 21064 memory hierarchy



27/05/2004

Copyright Teemu Kerola, K2003

34