

Luento 9

Järjestelmän ulkoinen muisti

Muistihierarkia
Kiintolevyt
Muut pyörivät levyt
I/O:n toteutus

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

1

Muistihierarkia (4)

ks. Fig 4.1 [Stal03]
(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 viitattun tiedot tulee suoritusajana olla sisäisessä muistissa!



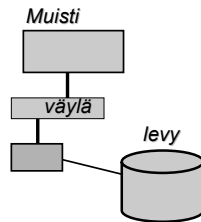
21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

2

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



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

3

Virtuaalimuistin toteutus (4)

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



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

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 (KJ:n laiteajuri huolehtii siitä)

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

5

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

6

Levymuisti ⁽⁹⁾

ks. Fig 6.2 [Stal03]
(ks. Fig 5.3 [Stal99])

- Levykkö
 - 150 MB-181GB/levykkö
 - pyörii nopeasti (koko ajan?) ~ 3600-10800 rpm
 - luku/kirjoituspäätt liikkuvat kaikki yhtä aikaa?
 - monta levyä ~ 1-16 levyä/levykkö
- Levyypinta
 - ks. Figs 6.2, 6.5 [Stal03]
(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

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

7

Levymuistin saantiaika ⁽⁵⁾

- Tiedon osoite: levyypinta + ura + sektori
 - laiteajuri etsii KJ-taulukoista loogisen osoitteen perusteella ks. Fig 6.5 [Stal03]
(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

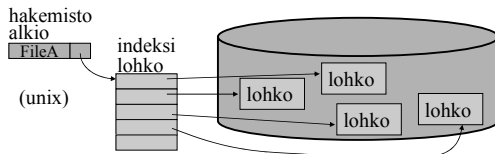
21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

8

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



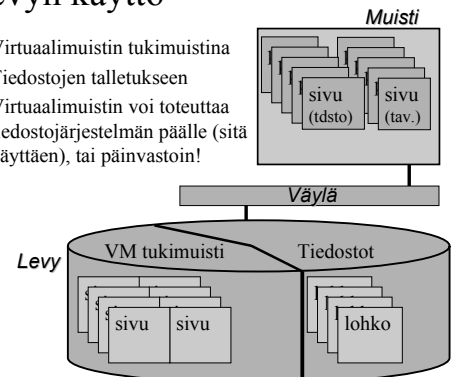
21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

9

Levyn käyttö

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



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

10

DOS-levykkeen rakenne ⁽²⁾

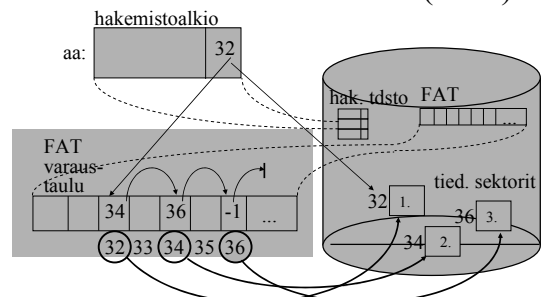
- FAT – File Allocation Table
 - kertoo, mitkä sektorit ovat vapaana
 - kertoo, mitkä sektorit ovat käytössä millekin tiedostolle
 - kiinteä paikka levykkeellä, 2 kopiota
- Hakemisto
 - erikoistyyppinen tiedosto
 - sisältää hakemistoalkion joka tiedostolle
 - nimi, tyyppi, koko, muutos pvm ja kellonaika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

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

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?

21.1.2003

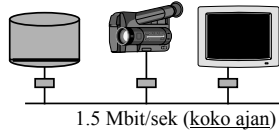
Teemu Kerola, Copyright 2003

12

Mikä on hyvä levylohkon koko?

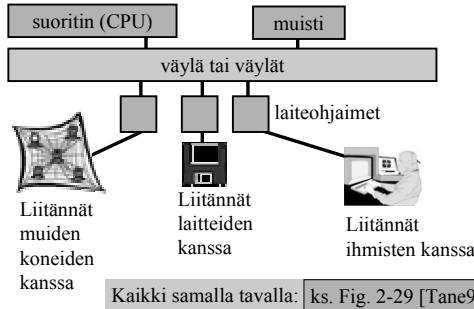
- Mihin käyttöön?
- Videokuvan talletus/playback?

- 1 minuutti
- 12.3 MB

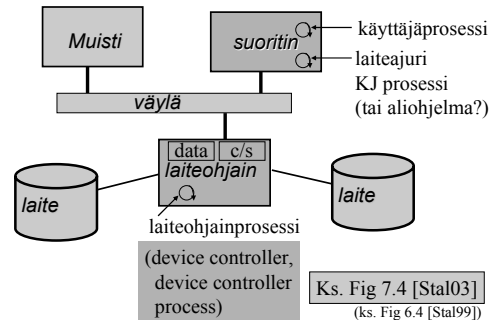


- lohko 4KB? osoitetaulu?
- epäsuorat viittaukset?
- riittääkö levyn/väylän/ohjaimien nopeus?
- entä jos 1 tunti? riittääkö levyn kapasiteetti?

Laitteiden liittäminen järjestelmään (4)



Laitteohjain (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

Laitteohjaimen 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
 - 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 muistiinkuvatus I/O:n avulla)
esim. Intelin arkkitehtuurit

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

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

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

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

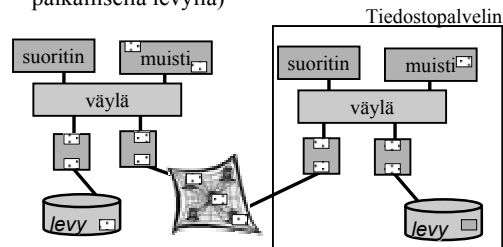
21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

21

Tiedostopalvelin

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




21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

22

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

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

23

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

24

Esimerkki: kirjoittimen laiteajuri ttk-91 koneelle ⁽⁵⁾

- Laitteella voi tulostaa kokonaislukuja yksi kerrallaan
- Muistiinkuvattu I/O, suora I/O
- Laitoportti
 - kontrollirekisteri muistipaikka 1048576 = 0x80000
 - tilarekisteri muistipaikka 1048577 = 0x80001
 - datarekisteri muistipaikka 1048578 = 0x80002
- Laittajuri 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
            
```

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

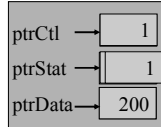
25

Esim: laiteajurin toteutus ⁽¹²⁾

```

ptrCtr DC 1048576 ; control register address
ptrStat DC 1048577 ; status register address
ptrData DC 1048578 ; Print PUSH R SP ;save regs
retVal EQU -3 LOAD R1, parData(FP)
parData EQU -2 STORE R1, @ptrData ; data to print
            
```

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



```

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

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

26

Erilaisia levyjä

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

21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

27

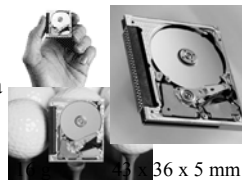
21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

28

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



36 x 5 mm



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

29

Zip & Jaz levykeasemat

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



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

30

Levykeasema

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



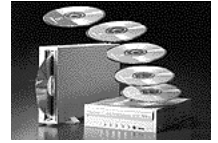
21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

31

CD - Compact Disc

- 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



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

32

DVD - Digital Versatile Disk

- 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



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

33

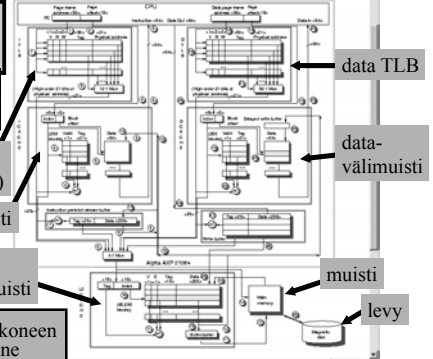
-- Luennon 9 loppu --

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



21.1.2003

Teemu Kerola, Copyright 2003

34