

# Luento 9

## Järjestelmän ulkoinen muisti

Muistihierarkia  
Kiintolevyt  
Muut pyörivät levyt  
I/O:n toteutus

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

1

## 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 viitattun tiedot tulee suoritusajana olla sisäisessä muistissa!



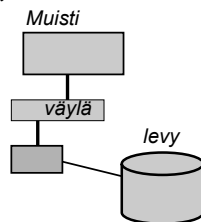
04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

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



04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

3

## Virtuaalimuistin toteutus (4)

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



04/04/2002

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)

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

5

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

6

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

ks. Fig 5.3 [Stal99]

- Levykkö
  - pyörii nopeasti (koko ajan?) 150 MB-181GB/levykkö
  - luku/kirjoituspäätt liikkuvat kaikki yhtä aikaa? ~ 3600-10800 rpm
  - monta levyä ~ 1-16 levyä/levykkö
- Levy-pinta
  - 2 per levy (tai 1) ks. Figs 5.3, 5.4 [Stal99]
  - ura ~ 2000-3000 uraa/pinta
  - sektori: pienin kerralla osoitettavissa oleva alue ~ 20-100 sektoria/ura
  - sylinteri: päällekkäin olevat urat, luku/kirj. pää samalla kohtaa ~ 0.5-8KB/sektori
  - ~ 1-32 uraa/sylinteri

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

7

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

- Tiedon osoite: levy-pinta + 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

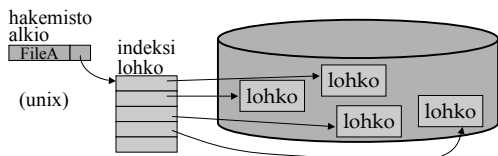
04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

8

## Tiedoston talletus levyille <sup>(2)</sup>

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



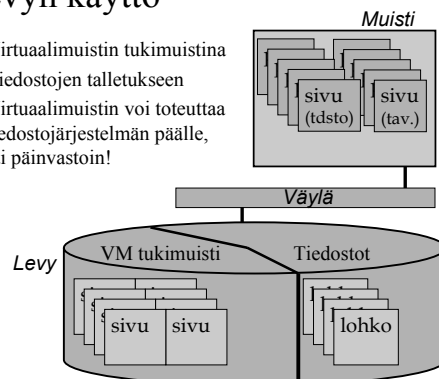
04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

9

## Levyn käyttö

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



04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

10

## DOS-levykkeen rakenne <sup>(2)</sup>

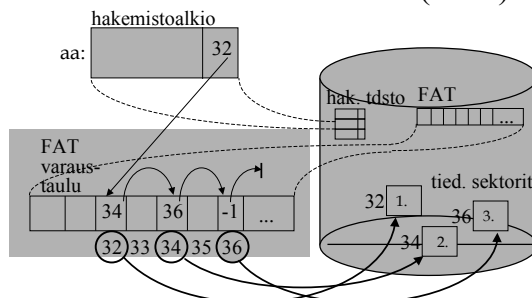
- FAT – File Allocation Table
  - kertoo, mitkä sektorit ovat vapaana
  - kertoo, mitkä sektorit ovat käytössä millekin tiedostolle
  - kiinteä paikka levykkeellä, 2 kopiota
- Hakemisto
  - erikoistyyppinen tiedosto
  - sisältää hakemistoalkion joka tiedostolle
    - nimi, tyyppi, koko, muutos pvm ja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

04/04/2002

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?

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

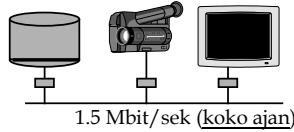
12

# Mikä on hyvä levylohkon koko?

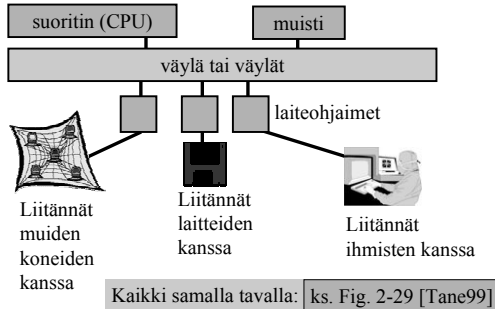
- Mihin käyttöön?
- Videokuvan talletus/playback?

- 1 minuutti
- 12.3 MB

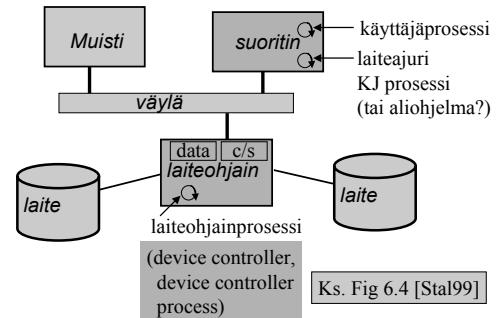
- lohko 4KB? osoitetaulu?
- epäsuorat viittaukset?
- riittääkö levyn/väylän/ohjaimien nopeus?
- entä jos 1 tunti? riittääkö levyn kapasiteetti?



## Laitteiden liittäminen järjestelmään (4)



## Laiteohjain (I/O Moduuli)



## Laitteiden käytön toteutus (5)

ks. laiteohjainkuva (ed. kalvo)

- Käyttöjärjestelmä kutsuu käyttöjärjestelmän laiteajuria tekemään I/O:n. Laiteajuri suoritetaan samalla suorittimella kuin käyttöjärjestelmän.
- 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 datarekisterien (muistialue "data") avulla
- Kontrolli-, status- ja datarekisteri kolmikko muodostaa "I/O portin" suorittimen näkökulmasta

## Laiteohjaimen rekistereihin viittaaminen (5)

- Ongelma: miten suorittimella suorittavan laiteajuri viittaa ks. laiteohjainkuva eri kortilla oleviin rekistereihin?
- 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 samantyyppisiä viitattavaa muistia kuin "normaali muisti"
  - muistisoitteen ensimmäiset bitit valitsevat, mille laitteelle (vai tavallisen muistiin) viittaus kohdistuu
  - voidaan käyttää rinnan I/C `DiskCtr EQU 0x80000001` (laiterekistereihin voi siis viitata sekä I/O-käskyillä että muistiinkuvattun I/O:n avulla)

esim. Intelin arkkitehtuurit

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

19

## I/O tyypit <sup>(2)</sup>

ks. laiteohjainkuva

- **Suora I/O:** laiteajuri odottaa tiukassa silmukassa, kunnes laiteohjaimen statusrekisteri ilmoittaa I/O-pyyntönsä 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)
  - Kun I/O-pyyntö valmistuu, laite keskeyttää suorittimen (laitekeskeytys, I/O interrupt) suorittimelle, joka (jonkin ajan kuluttua) jatkaa kesken jäänyttä I/O-pyyntönsä esittävää ohjelmaa.
  - laiteajuri siirtää tietoa muistin ja datarekisterin välillä

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

20

## I/O tyypit (jatkoa) <sup>(4)</sup>

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

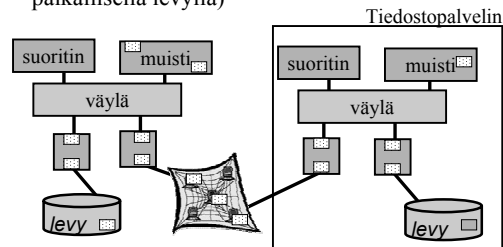
04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

21

## Tiedostopalvelin

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



04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

22

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

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

Lisää tietoa? → KJ kurssit

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

23

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

24

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

- 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
            
```

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

25

## Esim: laiteajurin toteutus <sup>(12)</sup>

```

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

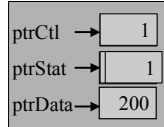
```

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

```

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

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

26

## Erilaisia levyjä

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

04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

27

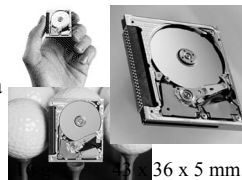
04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

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



04/04/2002

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



04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

30

## Levykeasema

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



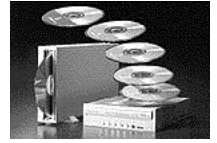
04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

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



04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

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



04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

33

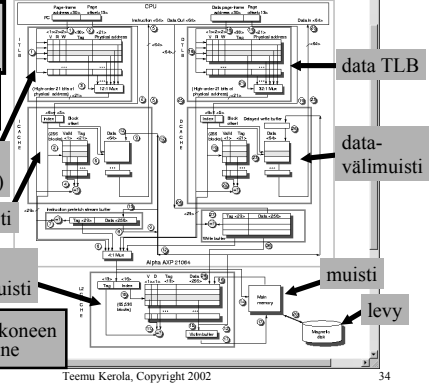
-- Luennon 9 loppu --

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



04/04/2002

Teemu Kerola, Copyright 2002

34