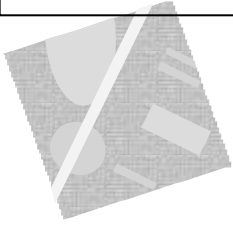


Luento 9

Järjestelmän ulkoinen muisti



Muistihierarkia
Kiintolevyt
Muut pyörivät levyt
I/O:n toteutus

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 1

Muistihierarkia ⁽⁴⁾

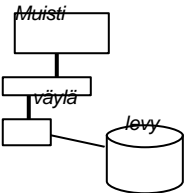
ks. Fig. 2-18 [Tane99]

- 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!

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 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



30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 3

Virtuaalimuistin toteutus

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

Lisää tietoa? Tietokoneen rakenne, Käyttöjärjestelmäkursssi 1, II

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 4

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 5

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 (laiteajuri huolehtii siitä)

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 6

Levymuisti ⁽⁹⁾ ks. Fig. 5.3 [Stall99]

- **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. Fig. 5.3, 5.4 [Stall99]
 - 2 per levy (tai 1) ~ 2000-3000 uraa/pinta
 - ura ~ 20-100 sektoria/ura
 - sektori: pienin kerralla osoitettavissa oleva alue ~ 0.5-8 KB/ura
 - sylinteri: päällekkäin olevat urat ~ 1-32 uraa/sylinteri

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 7

Levymuistin saantiaika ⁽²⁾

- Tiedon osoite: levyypinta + ura + sektori
 - laiteajuri etsii KJ-taulukoista loogisen osoitteen perusteella ks. Fig. 5.4 [Stall99]
- 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 pyörähdysen 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

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 8

Tiedoston talletus levyille ⁽²⁾

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

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 9

Levyn käyttö

- Virtuaalimuistin tukimuistina tiedostojen talletukseen
- Virtuaalimuistin voi toteuttaa tiedostojärjestelmän päälle tai päinvastoin!

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 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
 - jokaista levyn lohkoa vastaa yksi FAT:n alkio
- **Hakemisto**
 - erikoistyyppinen hakemisto
 - sisältää hakemistoalkion joka tiedostolle
 - nimi, tyyppi, koko, muutos pvm ja kellonaika
 - attributit (invisible, read-only, ...)
 - linkki ensimmäiseen sektoriin FAT:ssä

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 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?

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 12

Mikä on hyvä levylohkon koko?

- Mihin käyttöön?
- Videokuvan talletus/playback?
 - 1 minuutti
 - 12.3 MB
 - lohko 4KB? osoitetaulu?
 - 1.64Mbit/sek (koko ajan)
 - 12.3 MB/4KB = 3075 lohkoa
 - epäsuorat viittaukset? riittääkö nopeus?
 - entä jos 1 tunti? Riittääkö levyn kapasiteetti?
 - 60*12.3 MB = 738 MB = 5904 Mb = 5.9 Gb
 - => 184500 lohkoa a* 4 KB

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 13

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 14

Laitteiden liittäminen järjestelmään (4)

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 15

Laiteohjain (I/O Moduuli)

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 16

Laitteiden käyttö

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) avulla
- Laiteajuri voi lukea laitteen tilatietoa laiteohjaimella olevien statusrekisterien (muistialue) avulla
- Laiteajuri voi lukea (kirjoittaa) laitteen lukemaa (laitteelle kirjoitettavaa) tietoa laiteohjaimella olevien datarekistereiden (muistialue) avulla
- Kontrolli-, status- ja datarekisteri kolmikko muodostaa "I/O portin" suorittimen näkökulmasta

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 17

Laiteohjaimen rekistereihin viittaaminen (5)

- Ongelma: miten suorittimella suorittavan laiteajuri viittaa 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 rekisterit voivat olla hyvinkin erilaisia

suorittimen konekäskyjä ei voi muuttaa

x86: IN, OUT KOKSI: IN R1, =KBD, INS, OUTS OUT R2, =CRT

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 18

Ratkaisu 2: muistiinkuvattu I/O ⁽⁵⁾

ks. laiteohjainkuva

- Laittajuri lukee/kirjoittaa laiteohjaimella olevia rekistereitä (data, status/kontrolli) tavallisilla muistin luku/kirjoitus käskyillä
 - ei tarvita erillisiä I/O-konekäskyjä!
- laiteohjaimella olevat "rekisterit" 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 muistiinkuvattun I/O:n avulla)
 - esim. Intelin arkkitehtuurit

load R1, =DiskRd store R2, DiskCtr
DiskCtr EQU 0x80000001

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 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 (laittekeskeytys, I/O interrupt) suorittimelle, joka (jonkin ajan kuluttua) jatkaa kesken jäänyttä I/O-pyyntöön esittynyttä ohjelmaa.
 - laiteajuri siirtää tietoa muistin ja datarekisterin välillä

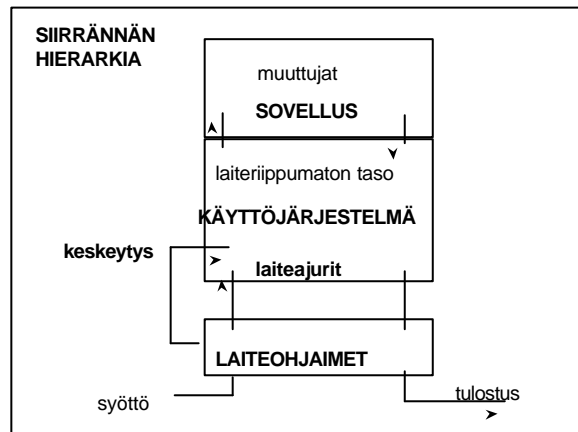
30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 20

I/O-tyypit (jatkoa) ⁽⁴⁾

ks. laiteohjainkuva

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

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 21



- Siirrännän hierarkia
 - sovellusohjelmataso
 - loogisia kokonaisuuksia, tietueita ja tiedostoja
 - ohjelman sisäisiä nimiä
 - Readln (File1, X)
 - Open (Tdsto, RW)
 - käyttöjärjestelmätaso
 - laitteisto

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 23

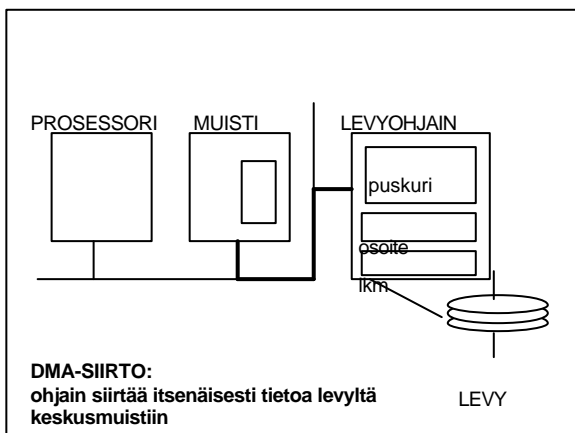
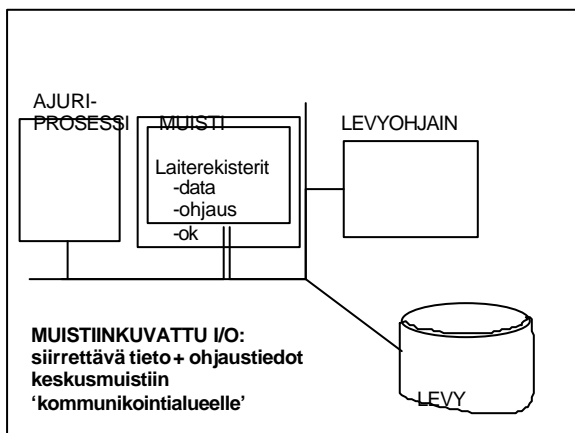
- Siirrännän hierarkia
 - sovellusohjelmataso
 - käyttöjärjestelmätaso
 - rutiinit, jotka toteuttavat ja valvovat siirrantää
 - laiteriippumaton siirrantä
 - sovellukselle yhtenäinen tapa käyttää kaikkia siirrantäpalveluita
 - laiteriippuva siirrantä
 - laitteiden todelliseen käyttöön liittyvä ohjausohjelmisto
 - koodattu laiteajureihin
 - laitteisto

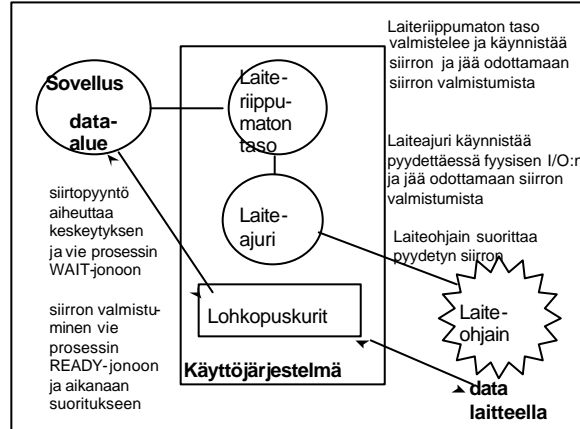
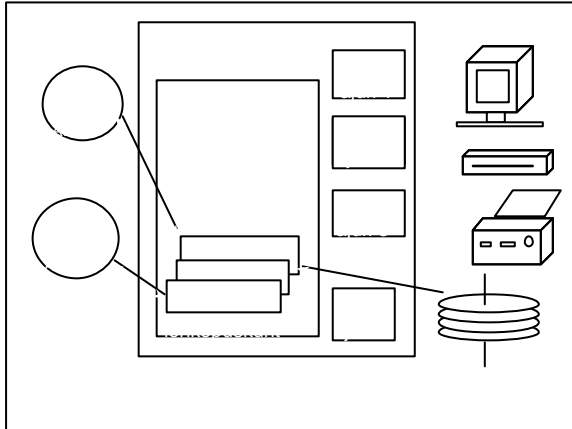
- **Siirränän hierarkia**
 - sovellusohjelmataso
 - käyttöjärjestelmätaso
 - **laitteisto**
 - siirräntä voidaan toteuttaa kokonaan prosessorin valvonnassa
 - ei hyödynnetä rinnakkaisuutta
 - **laiteohjain** (siirräntään erikoistunut prosessori) huolehtii itsenäisesti siirräntästä
 - prosessorin ja ohjainten välinen kommunikointi

- **laitekuvaaja**
 - yksi kutakin laitetyyppiä varten
 - talletettavat tiedot riippuvat laitteesta
 - laitteen yksilöivä tunnus (väyläosoite)
 - ohjeet laitteen käytöstä
 - urien, sektorien ja levypintojen määrä, lohkon koko
 - viitteet näppäimistön merkinmuunnostauluihin
 - laitteen tilatietoa
 - varattu/vapaa/rikki
 - viitteet jonottaviin palvelupyyntöihin
 - viite laitetta käyttävän prosessin kuvaajaan

- **laiteriippumattoman siirränän tehtäviä**
 - loogisesta tiedostonimestä => käytettävän laitteen tyyppi
 - pitää kirjata levytilan vapaista ja varatuista alueista
 - siirränän puskurointi (levylohko)
 - luku/kirjoituskohdan ylläpito
 - tarvittaessa käynnistää fyysisen siirränän
 - antaa laiteajurille tehtävän

- **laiteajurin tehtäviä**
 - tehtävät riippuvat laitteesta
 - muodostaa parametrien ja laitekuvaajan perusteella laitetta ohjaavat käskyt
 - esim. levylohkonumeroiden muuttaminen levypinnan, uran ja sektorin numeroiksi
 - levypyyntöjen optimointi
 - ohjaimella tehtävän fyysisen siirränän käynnistys
 - siirränän kirjanpito
 - siirron oikeellisuuden tarkistukset ja virheiden korjausyritykset





Esimerkki: kirjoittimen laiteajuri ttk-91-koneelle

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

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 33

Esim. laiteajurin toteutus

```

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

Solution with no timeout

```

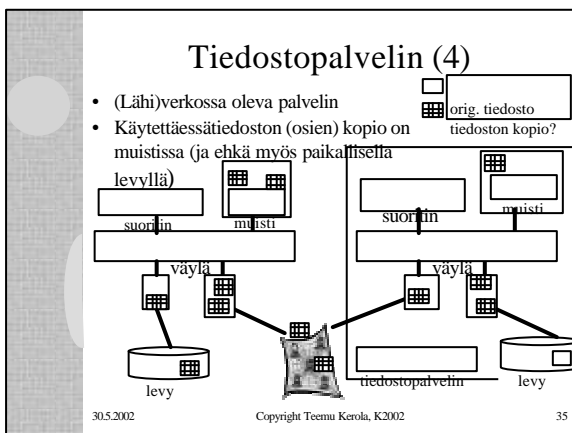
Print
    USHR SP ; save regs
    LOAD R1, parData(FP)
    TORE R1, @ptrData ; data to print
    LOAD R1, =0
    TORE R1, @ptrStat ; init stat register
    LOAD R1, =1
    TORE R1, @ptrCtrl ; command to print
    LOAD R1, @ptrStat ; check stat register
    NZER R1, Done
    Wait
    JMP Wait ; wait until I/O done
    Done
    LOAD R1, =0 ; return 'SUCCESS'
    TORE R1, retVal(FP)
    OPR SP ; recover regs
    RET SP, =1
    
```

ptrCtrl 1

ptrStat 1 0

ptrData 200

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 34



Tiedostopalvelin

- Käytetään kuin paikallista levyä systeemin KJ:n liitospalikan avulla
- Paljon hitaampi kuin paikallinen levy
- Tiedostovälimuistit (muistipuskurit tai levypuskurit) nopeuttavat toimintaa käytännössä
 - omassa järjestelmässä
 - palvelimella
 - 50% oman järjestelmän keskusmuistista voi olla varattu tiedostovälimuistille
 - tiedon päivityksen nopeus riittäväkö?

Lisää tietoa? käyttöjärjestelmä kurssit

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 36

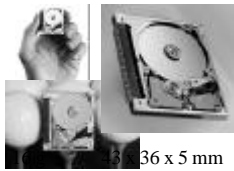
Erilaisia levyjä

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


30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 37

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



30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 38

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



30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 39

Levykeasema (6)


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

30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 40

CD - Compact Disc (9)


- Vaihdettava 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



30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 41

DVD - Digital Versatile Disk (9)

- 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



30.5.2002 Copyright Teemu Kerola, K2002 42

