

Luento 9

Järjestelmän ulkoinen muisti

Muistihierarkia
Kiintolevyt
Muut pyörivät levyt
I/O:n toteutus

19.4.2004

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 viitatus tiedot tulee suoritusaikana olla sisäisessä muistissa!



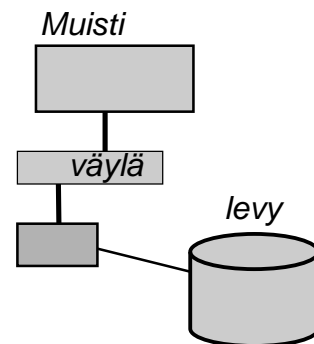
19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

2

Virtuaalimuisti

- 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



19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

3

Virtuaalimuistin toteutus (4)

- Toteutustavat
 - kanta- ja rajarekisterit
 - sivutus
 - (segmentointi ja sivuttava segmentointi)
- Pääosa toteutuksesta 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



19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

4

19.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 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 eikä niiden tarvitse tietää tiedoston todellista fyysistä rakennetta (KJ:n laiteajuri huolehtii siitä)

19.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 6

Levymuisti ⁽²⁾

- Levykkö
 - pyörii nopeasti (koko ajan?)
 - luku/kirjoituspäätt liikkuvat kaikki yntä aikaa?
 - monta levyä
- Levypinta
 - 2 per levy (tai 1)
 - ura
 - sektori: pienin kerralla osoitettavissa oleva alue
 - sylinteri: päällekkäin olevat urat, luku/kirj. pää samalla kohtaa

ks. Fig 6.5 [Stal03]
(ks. Fig 5.4 [Stal99])

150 MB-181GB/levykkö
~ 3600-10800 rpm

~ 1-16 levyä/levykkö

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

~ 2000-3000 uraa/pinta
~ 20-100 sektoria/ura
~ 0.5-8KB/sektori
~ 1-32 uraa/sylinteri

19.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 7

Levymuistin saantiaika ⁽²⁾

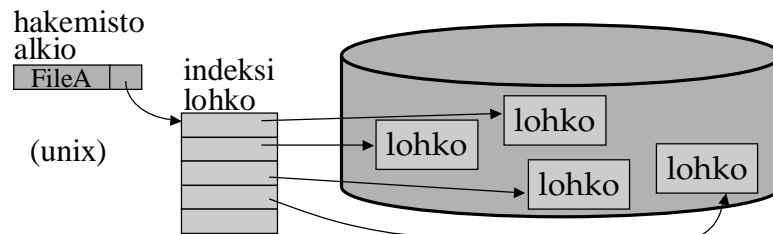
- Tiedon osoite: levypinta + ura + sektori
 - laiteajuri etsii KJ-taulukoista loogisen osoitteen perusteella
- Saantiaika:
 - hakuvarren siirtoaika (seek time)
Esim: aver 6.3 ms, min-max 2-15 ms?
 - odota kunnes sektori kohdalla (rotational delay)
Esim: pyörähdysviive kun 3600 rpm: 8.33 ms
(keskim. puolen kierroksen aika)
 - siirrä sektorin verran tietoa (data transfer time)
Esim: pyör.aika / sekt. lkm = 0.42 ms

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

19.4.2004 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



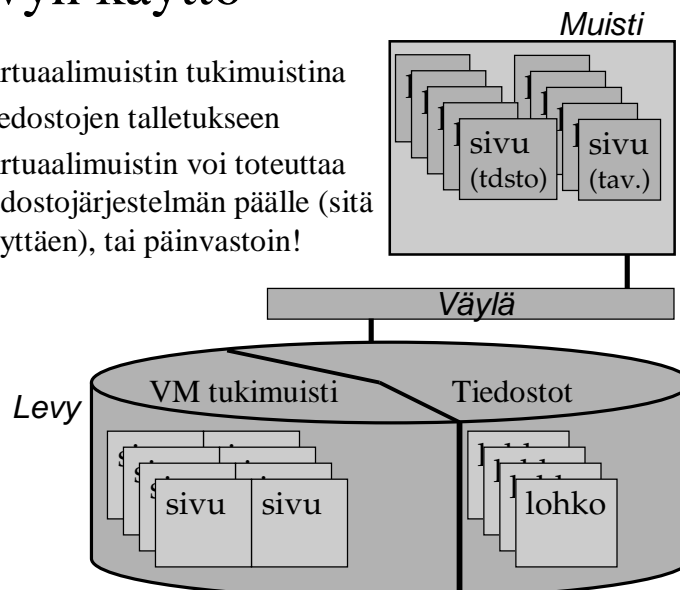
19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

9

Levyn käyttö

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



19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

10

DOS-levyksen rakenne (2)

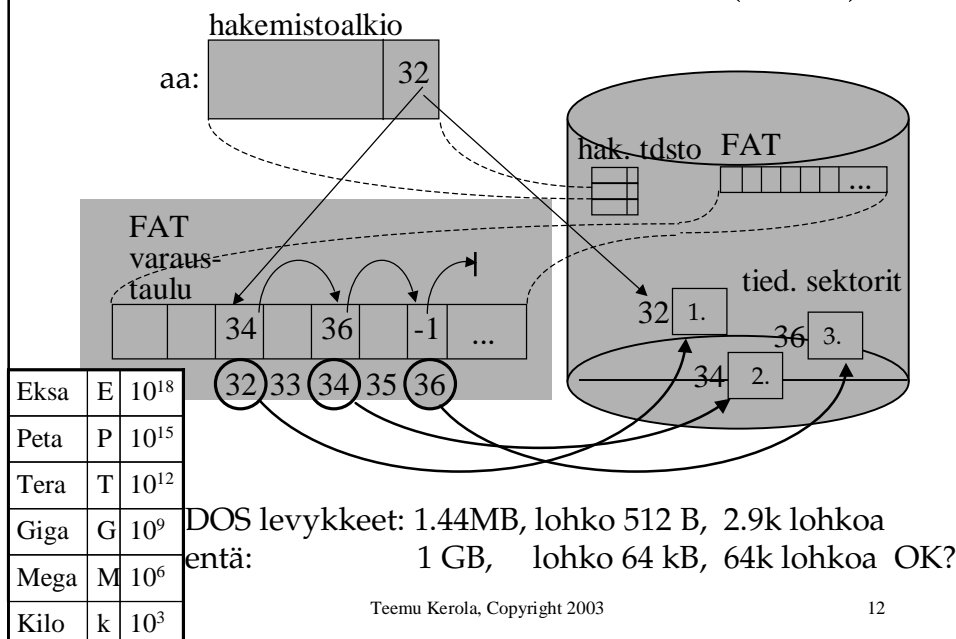
- FAT – File Allocation Table
 - kertoo, mitkä sektorit ovat vapaana
 - kertoo, mitkä sektorit ovat käytössä millekin tiedostolle
 - kiinteä paikka levykkeellä, 2 kopiota
- Hakemisto
 - erikoistyyppinen tiedosto
 - sisältää hakemistoalkion joka tiedostolle
 - nimi, tyyppi, koko, muutos pvm ja kellonaika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

19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

11

FAT - File Allocation Table (DOS)



Teemu Kerola, Copyright 2003

12

Mikä on hyvä levylohkon koko?

- Mihin käyttöön?
- Videokuvan talletus/playback?

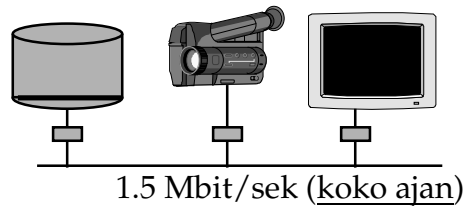
- 1 minuutti
- 12.3 MB

- lohko 4kB?
osoitetaulu?

- epäsuorat viittaukset?

- riittääkö levyn/väylän/ohjaimien nopeus?

- entä jos 1 tunti? riittääkö levyn kapasiteetti?



19.4.2004

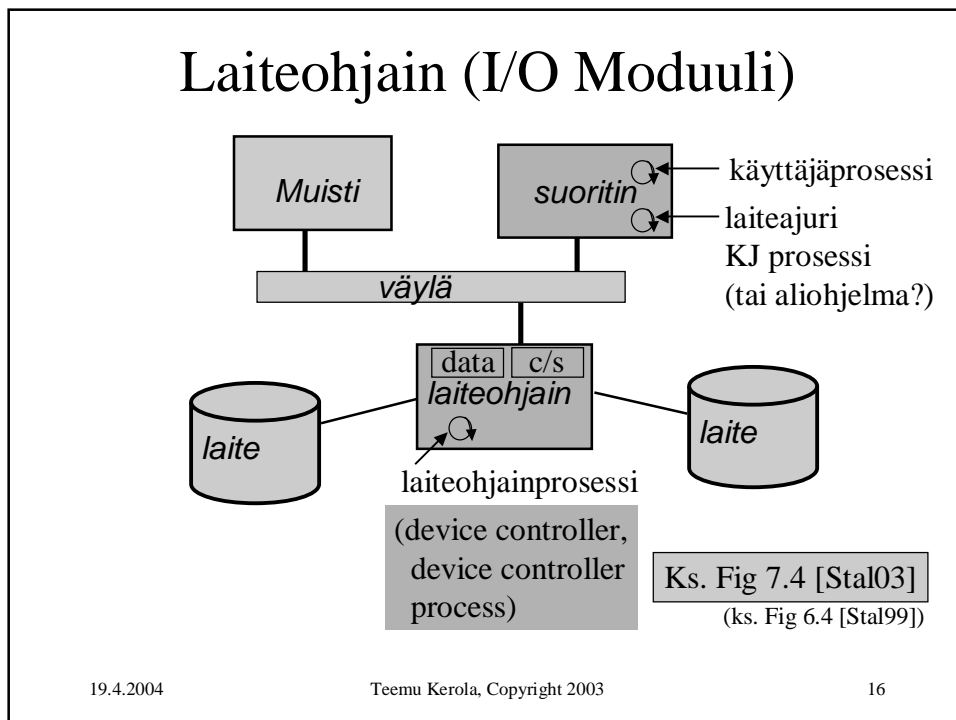
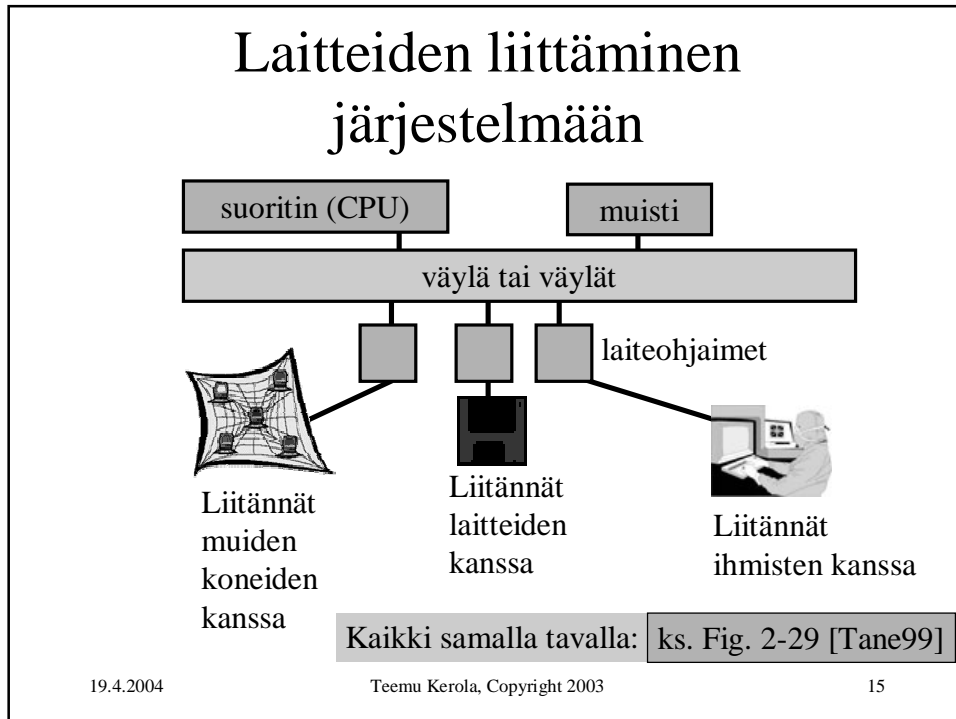
Teemu Kerola, Copyright 2003

13

19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

14



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

19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

17

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 laiterekisterin nro (oma 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]

19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

18

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 (ei siis käskykoodi) 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 muistiinkuvatun I/O:n avulla)

esim. Intelin arkkitehtuurit

19.4.2004

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

19.4.2004

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

19.4.2004

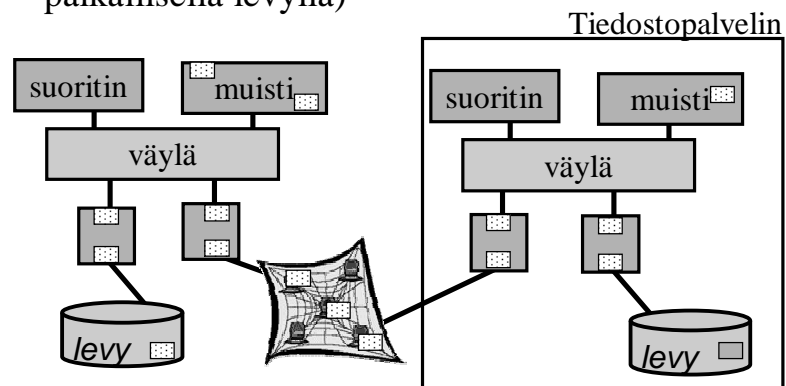
Teemu Kerola, Copyright 2003

21

Tiedostopalvelin

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

□ orig. tiedosto
 ▤ tiedoston kopio?



19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

22

Tiedostopalvelin ⁽⁴⁾

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

Lisää tietoa?  KJ kurssit

19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

23

19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

24

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 Print 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
```

19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

25

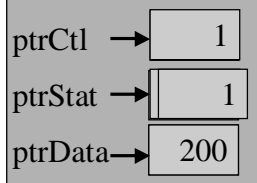
Esim: laiteajurin toteutus ⁽¹²⁾

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

ks. laiteohjainkuva

Solution with no timeout

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



See: driver.k91

```
Print PUSH R1, parData(FP) ; save regs
      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

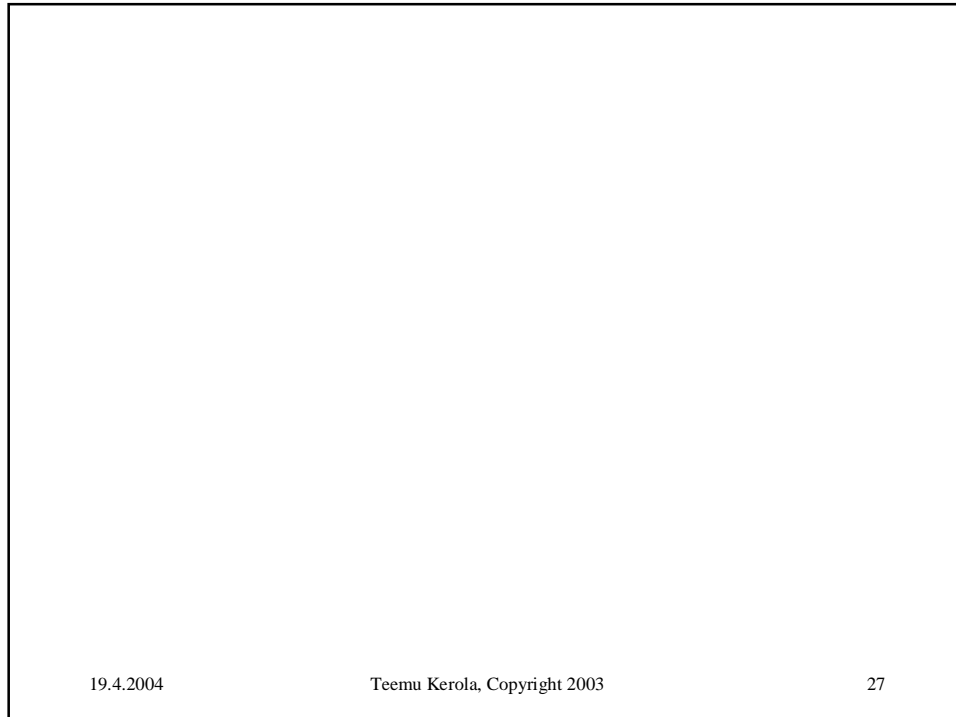
Wait  LOAD R1, @PtrStat ; check state register
      JNZER R1, Done
      JUMP Wait ; wait until I/O done

Done  LOAD R1, =0 ; return "Success"
      STORE R1, retVal(FP)
      POPR SP ; recover regs
      IRET SP, =1
```

19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

26



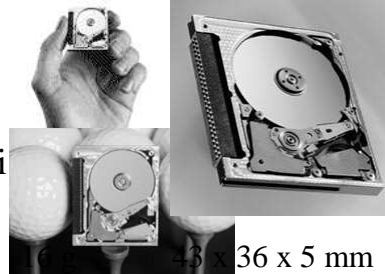
Erilaisia levyjä

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

19.4.2004 Teemu Kerola, Copyright 2003 28

Kiintolevy

- Kiinteä, ei vaihdettavissa oleva levy (hermeettisesti suljettu kotelo)
- Tila: 0.150-181 GB (v. 2000)
- Haku aika: 5-15 ms
- 1-10 levyä
- Pyörimisnopeus: 4500-10800 rpm
- Siirtonopeus: 5-50 MB/sec



36 x 5 mm



19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

29

Zip & Jaz levykeasemat

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



19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

30

Levykeasema

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



19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

31

CD - Compact Disc

- Vaihdeettava 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



19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

32

DVD - Digital Versatile Disk

- Vaihdelevy
- 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



19.4.2004

Teemu Kerola, Copyright 2003

33

-- Luennon 9 loppu --

