

# Käyttöjärjestelmät I

## Luento 2: LAITTEISTOSTA

Stallings, Luku 1

# Sisältöä

- n Keskusyksikkö
- n Käskeytys
- n Keskeytys ja sen käsittely
- n Siirräntä
- n Muistihierarkia

= Tietokoneen Toiminta kurssin kertausta

# Tietokonejärjestelmä

= laitteisto + ohjelmisto

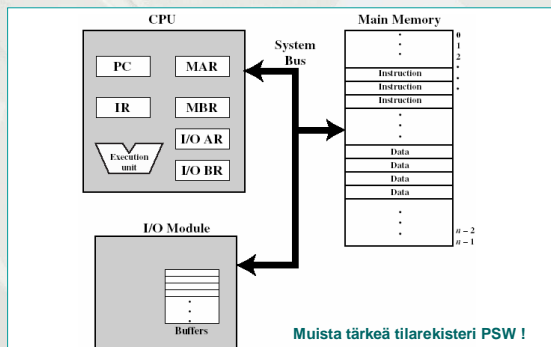
- n Sovellus saa laitteiston käyttöönsä KJ:n avustuksella
  - u CPU ja muisti
  - u oheislaitteet
- n KJ tarjoaa laitteiston käytössä tarvittavat 'palvelunsa' sovellukselle
  - u prosessien hallinta
  - u muistinhallinta
  - u siirräntäjärjestelmä
  - u tiedostojärjestelmä
- n KJ on tärkein laitteiston suorittamista ohjelmistoista

# Käyttöjärjestelmät I

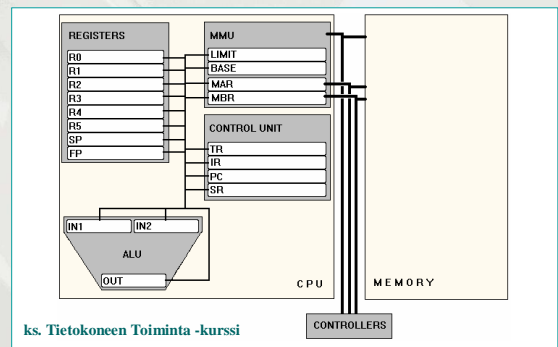
## KESKUSYKSIKKÖ

# Keskusyksikkö

Kuva 1.1

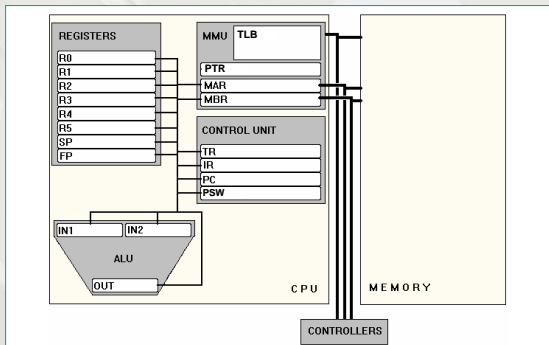


# Keskusyksikkö



ks. Tietokoneen Toiminta -kurssi

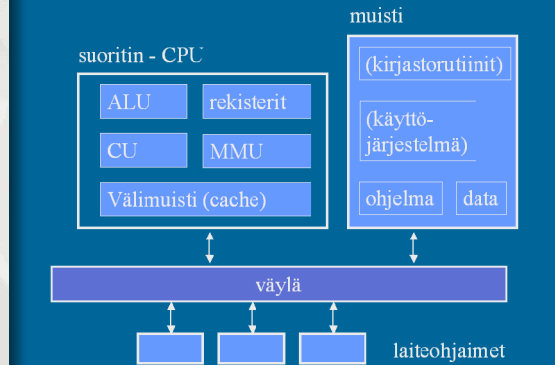
## Keskusyksikkö



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 7

## Keskusyksikkö



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 8

## Keskusyksikön osat

- n **Proessori (CPU)**
  - u käskyjen suoritus
- n **(Keskus)muisti**
  - u tilaa ohjelmille ja niiden datalle (myös KJ on ohjelma!)
- n **I/O ohjaimet (I/O kanavat, I/O prosessorit...)**
  - u laitteistoa, joka siirtää tietoa muistin ja oheislaitteiden välillä
    - F syöttö- ja tulostuslaitteet
    - F tallennuslaitteet
    - F tietoliikennelaitteet
  - u kommunikointi rekistereitä (I/O portteja) käyttäen
  - u voivat sisältää omaa muistia (puskureita)
- n **Väylät**
  - u tiedonsiirto eri osien välillä

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 9

## Muistinhallintayksikkö MMU

### Memory Management Unit

- n **Muuttaa ohjelman sisäisen osoitteen fyysiseksi muistiosoitteeksi**
  - u ohjelma käyttää siirtymiä alkunsa suhteen
  - u laitteisto käyttää fyysisiä osoitteita
- n **MAR, Memory Address Register**
  - u muistiosoitetta varten
- n **MBR, Memory Buffer Register**
  - u Muistista noudettavan muistipaikan sisältö
  - u Muistiin kirjoitettava arvo

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 10

## Muistinhallintayksikkö MMU

- n **Kanta- ja rajarekisteriä käyttävä järjestelmä**
  - u Base Register: ohjelman fyysinen alkuosoite
  - u Limit Register: viimeinen kelvollinen fyysinen osoite tai viitattavissa olevan alueen pituus
- n **Virtuaalimuistijärjestelmä (esim.)**
  - u PTR, Page Table Register
    - F Suoritettavan prosessin sivutaulun fyys. alkuosoite
  - u TLB, Translation Lookaside Buffer
    - F Viimeisimmissä osoitemuunnoksissa käytettyjä tietoja

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 11

## Proessorin rekistereitä

- n **Ohjaus- ja tilarekisterit (Control & Status Registers)**
  - u osa vain CPU:n sisäiseen käyttöön
  - u osa vain KJ:n käyttöön
  - u osa epäsuorasti ohjelmien viitattavissa
    - F hyppykäsky muuttaa PC:n arvoa
    - F vertailu asettaa tilarekisterin
    - F ehdollinen hyppykäsky tutkii tilarekisteriä
- n **Yleiskäyttöiset rekisterit (User-visible registers)**
  - u ohjelmien käytettävissä (myös KJ:n!)
  - u viitattavissa nimellä konekielen tasolla
  - u datan ja osoitteiden tallettamiseen

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 12

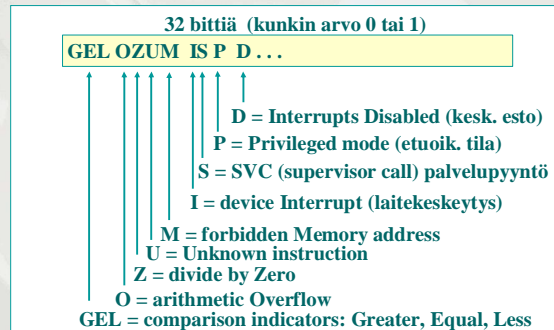
## Ohjaus- ja tilarekistereitä

- n **Käskeysoitin PC (Program Counter)**
  - u seuraavaksi suoritettavan käskeyn virtuaaliosoite
- n **Käskeyrekisteri IR (Instruction Register)**
  - u suoritettavaksi noudettu käskey
- n **Tilarekisteri PSW (Program Status Word)**
  - u Tietoa laitteiston tilasta ja toiminnan siihen aiheuttamista muutoksista
  - u lipukkeet (flags)
    - F vertailujen tuloksille, virhetilanteille
    - F keskeytyksille, keskeytyksien esto / salliminen
    - F etuoikeutettu tila / käyttäjätila

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 13

## Esimerkki Tilarekisteristä



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 14

## Yleiskäyttöisiä rekistereitä

- n **Työrekisterit (Data Registers)**
  - u prosessin suoritusaikaisen datan tallettamiseksi
  - u käyttötarkoitus ohjelman (ohjelmoijan) tarpeiden ja mieltymysten mukaan
- n **Osoiterekisterit (Address registers)**
  - u datan ja käskeyjen osoitteiden hallintaan
  - u voi sisältää esim. osoitteen osan, jota käytetään muistiosoitteen laskennassa
  - u Esim:
    - F Indeksirekisteri (index register)
    - F Segmenttirekisteri (segment pointer)
    - F Pino-osoitin (stack pointer)

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 15

## Käyttöjärjestelmät I

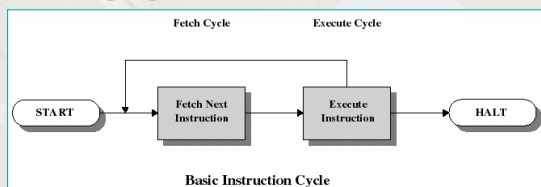
### KESKEYTYS

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 16

## Käskeysykli (perusmalli)

Kuva 1.2



### CPU

- n noutaa käskeyn PC:n osoittamasta paikasta
- n kasvattaa PC:n arvoa
- n noutaa operandit rekistereistä tai muistista
- n suorittaa käskeyn yleensä ALU:ssa
- n tallettaa tuloksen rekisteriin tai muistiin

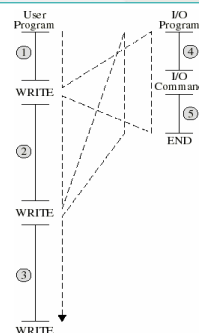
KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 17

## Yksinkertainen siirräntä

Kuva 1.5a

- n **Palvelupyynnö antaa kontrollin laiteajurille**
  - e CPU suorittaa KJ:n koodia
- n **Ajuri alustaa ohjaimen sekä antaa tarvittavat käskeyt, jolloin siirräntä käynnistyy (4)**
- n **Ajuri odottaa (pollaa), että siirräntä valmistuu**
- n **Ajuri tekee lopputoimet, ja palauttaa sovellukselle statustietoa (5)**
- e **CPU odottelee "jouten"!**



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 18

## Keskeytys

- n Sallii CPU:n ja ohjaimien yhtäaikaisen toiminnan
- n CPU vain käynnistää siirrän, ja voi jatkaa muiden käskyjen suoritusta
- n Kun siirto valmis, ohjain keskeyttää CPU:n
- n CPU siirtyy suorittamaan KJ:hin kuuluvaa keskeytyskäsitelyä
- n Kun KJ käsitellyt tilanteen, siirron valmistumista odottanut prosessi voi päästä taas suoritettavaksi

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 19

## Moniajo (multiprogramming)

- n Siirräntä hidasta, eikä sovellus voi aina jatkaa ennenkuin siirto valmis
  - u esim. prosessi lukee tietoa oheislaitteelta
- è CPU odottaa toimeettomana keskeytystä

Idea: KJ ottaa suoritukseen useita prosesseja

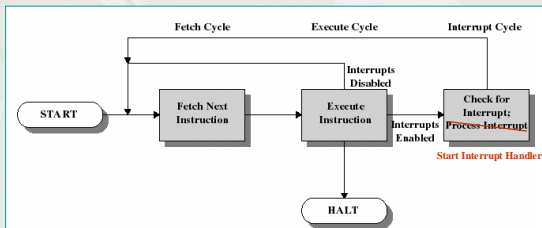
- n Kun yksi odottaa, suorita toista
- n Entä, jos prosessi ei tee siirräntää?
  - u Ei palvelupyynnöjä, ei keskeytyksiä
  - u Muut prosessit nälkiintyvät
- n Tarvitaan kello, joka keskeyttää

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 20

## Käskykliki (täydennetty)

Kuva 1.7



- n Jos keskeytys sallittu, CPU tutkii tilarekisterin ennen seuraavan käskyn noutoa
- n Jos keskeytys, suorita keskeytyskäsitelyn käskyt

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 21

## Keskeytys

Table 1.1 Classes of Interrupts

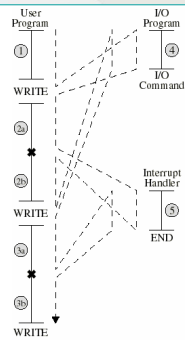
<b>Program</b>	Generated by some condition that occurs as a result of an instruction execution, such as arithmetic overflow, division by zero, attempt to execute an illegal machine instruction, and reference outside a user's allowed memory space.
<b>Timer</b>	Generated by a timer within the processor. This allows the operating system to perform certain functions on a regular basis.
<b>I/O</b>	Generated by an I/O controller, to signal normal completion of an operation or to signal a variety of error conditions.
<b>Hardware failure</b>	Generated by a failure, such as power failure or memory parity error.

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 22

## Siirräntä ja keskeytys (kuva 1.5b)

- n Palvelupyynnö siirtää kontrollin KJ:n laiteajurille
- n Ajuri alustaa ohjaimen ja antaa siirtokäskyn (4)
- n Kontrolli takaisin sovellukseen
- n CPU voi suorittaa sovelluksen käskyjä samaan aikaan siirron kanssa (2a)
- n Kun siirto valmis, ohjain keskeyttää (x)
- n Kontrolli keskeytyskäsitelylle, josta edelleen ajurille
- n Ajuri tarkastaa miten siirrosta kävi, ja tekee tarvittavat lopputoimet (5)
- n Kun keskeytys käsitelty, sovelluksen suoritus jatkuu (2b)



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 23

## Keskeytyskäsitelijä (Interrupt handler)

- n KJ:n koodia, jonka laitteisto käynnistää keskeytyksen sattuessa
- n Selvittää keskeytyksen syyn
- n Käynnistää toimet tilanteen hoitamiseksi
  - u Siirtyminen sopivaan käsitelyrutiiniin
- n Keskeytynyt prosessia voitava jatkaa myöhemmin siitä mihin se jäi keskeytyksen sattuessa
  - u CPU:n rekistereiden arvot talletettava muistiin
  - u PC, PSW, muut ohjelman käyttämät rekisterit

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 24

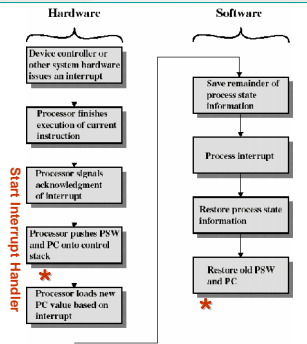
# Keskeytyskäsitely

(kuva 1.10)

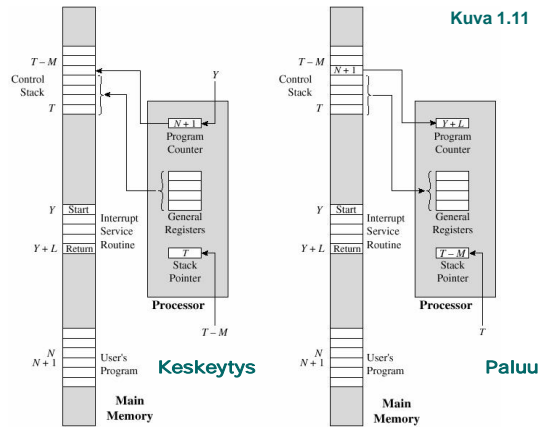
Kirja s. 21-25

\* Etuoikeutettu tila vs. käyttäjätila

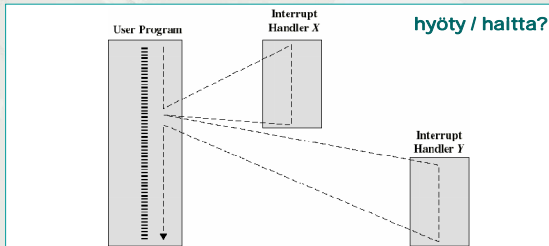
\* Keskeytysten esto vs. salliminen



Kuva 1.11

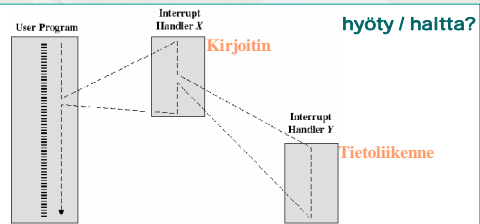


# Peräkkäinen käsittely



- Keskeytykset estetty käsittelyn aikana
  - PSW:n 'keskeytykset estetty' lipuke
- Uudet keskeytykset jäävät odottamaan
- Kun käsitelty, CPU tutkii taas keskeytyslipuketta

# Priorisoitu käsittely

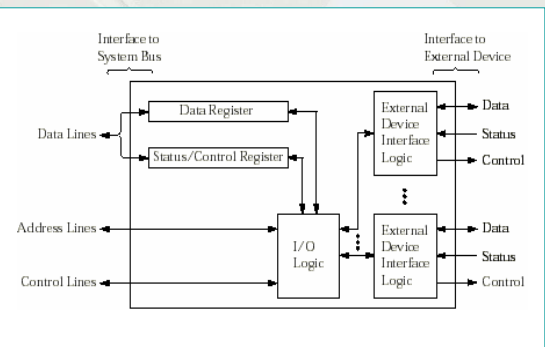


- Alemman prioriteetin keskeytyskäsitely jää kesken, jos tulee kiireellisempi keskeytys
  - Myös keskeytyskäsitely voi keskeytyä!
- Esm. Tietoliikenneohjaimen keskeytys käsitellään välittömästi, jotta saadaan uutta tilaa saapuvalla datalla

# Käyttöjärjestelmät I

## SIIRRÄNTÄ

# I/O-ohjain



## I/O-ohjain

- Ohjain puskuroi väylältä tulevan / väylälle menevän datan datarekistereihinsä
  - sisäisen ja ulkoisen väylän nopeusero
- Status- ja ohjausrekisteri(t)
  - statustietoa ohjaimen / siirron tilasta
  - siirtokäskyt, osoitteet (lähde/kohde), tavumäärä
- Väylän varaus ja CPU:n keskeytys ohjausväylää käyttäen
- Liittymä laitteeseen vaihtelee tarpeen mukaan

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 31

## Siirtomenetelmät

### Kolme perusmenetelmää

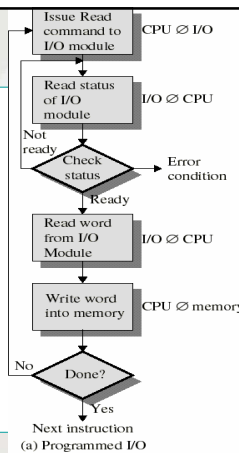
- Suora I/O (Programmed I/O)
  - ei keskeytyksiä
- Epäsuora, keskeyttävä I/O (Interrupt-driven I/O),
  - ohjain keskeyttää
- DMA-siirto (Direct Memory Access)
  - ohjain keskeyttää
  - ohjain siirtää suoraan keskusmuistiin
  - 'Älykäs' laiteohjain

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 32

## Suora I/O

- Ei keskeytystä, CPU tutkii toistuvasti statusrekisteriä (*busy waiting, pollaus*)
- Kun siirto valmis, CPU kopioi sanan ohjaimen datarekisteristä muistiin
- CPU varattuna siirron ajan
- Vain yksinkertaisissa laitteistoissa
- Sykli toistettava kunnes kaikki siirretty
  - Ajurilla iso rooli



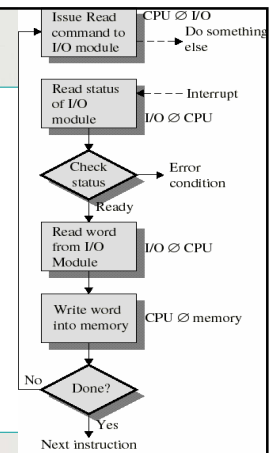
KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 33

## Epäsuora I/O

- Ohjain keskeyttää, kun siirrettävä sana datarekisterissä
- CPU siirtää datan muistiin
- CPU:n ei tarvitse pollata, kun ohjain siirtää laitteelta
- Sykli toistettava erikseen jokaiselle sanalle

è Siirto kuormittaa edelleen CPU:ta

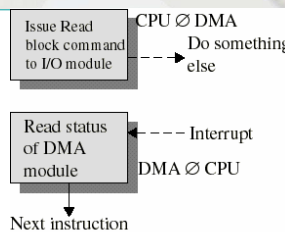


KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 34

## DMA-siirto

- CPU ohjaimelle: *mistä, minne, paljonko, suunta (R / W)*
- Ohjain siirtää laitteen ja muistiin välillä
- Keskeytys vasta, kun koko data siirretty
- CPU:ta vain alussa siirron käynnistykseen ja lopussa statuksen tutkimiseen
- è CPU voi suorittaa siirron aikana muita prosesseja



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 35

## Käyttöjärjestelmät I

MUISTI

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 36



## Muistihierarkia

Tan01 1.14

Typical access time		Typical capacity
1 nsec	Registers	<1 KB
2 nsec	Cache	1 MB
10 nsec	Main memory	64-512 MB
10 msec	Magnetic disk	5-50 GB
100 sec	Magnetic tape	20-100 GB

### Pentium 4 cache:

8 KB datalle, 12 KB koodille, ulkoinen 256 KB

nano =  $10^{-9}$ , mikro =  $10^{-6}$ , milli =  $10^{-3}$

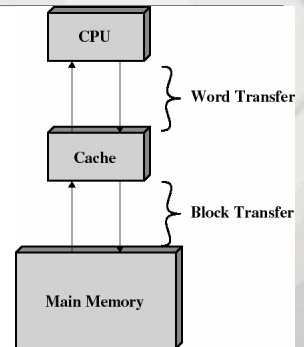
KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 37

## Välimuisti (cache memory)

- Pieni, nopea muisti / rekisterijoukko CPU:n ja keskusmuistin välissä
- CPU:n osana ja / tai ulkopuolella
- Laitetasolla, ei näy ohjelmissa / KJ:ssä

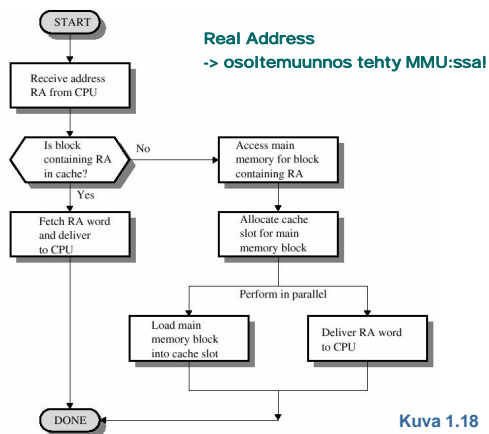
- CPU tutkii ensin löytyykö viitatus fyys. muistipaikan sisältö välimuistista
- Jos ei löydy, CPU tuo välimuistiin lohkon, joka sisältää myös viitatus muistipaikan



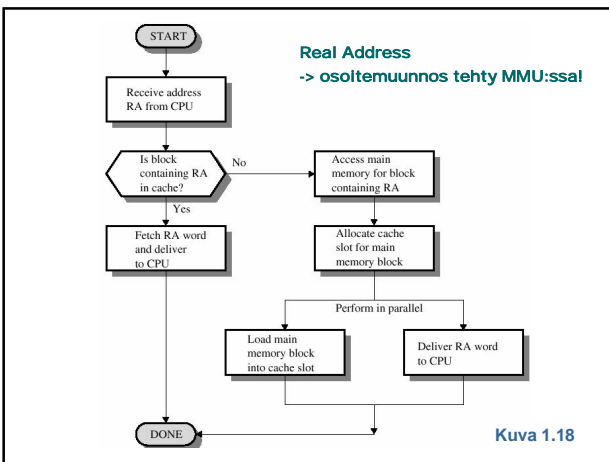
KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 38

## Real Address -> osoitemuunnos tehty MMU:ssal



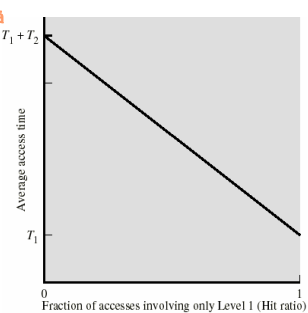
Kuva 1.18



## Osumatodennäköisyys (Hit Ratio)

= Todennäköisyys, että viitattu muistipaikka on välimuistissa

- $T_1$  = saantialka välimuistista
- $T_2$  = saantialka keskusmuistista
- $T_2 \gg T_1$
- Kun osumatodenn. lähellä arvoa 1, keskim. saantialka lähellä  $T_1$ :tä



KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 40

## Paikallisuus (locality of references)

### Ajallinen ja alueellinen paikallisuus:

- Esim. silmukassa suoritetaan toistuvasti samaa käskyjoukkoa

- Tietystä osasta koodia käytetään tyypillisesti vain tiettyjä muuttujia (data)

Kun ohjelma viittaa tiettyyn muistipaikkaan (käsky tai data), on tn., että se viittaa pian samaan paikkaan uudelleen tai sen lähellä oleviin muistipaikkoihin

- Osumatodenn. helposti lähellä arvoa 1 jo pienellä välimuistilla

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 41

## Lohkopuskurit (block cache, disk cache)

- Keskusmuistialue, jonne puskuroidaan levyiltä / levyille siirrettävää dataa

ei siis erillinen laitteiston osa

- Kun tiettyihin tavuihin on viitattu, viitataan pian melko varmasti niitä seuraaviin tavuihin

- Jos haettavat tavut eivät löydy puskurista, siirtää KJ kokonaisen levylohkon levyiltä puskuriiin

Ennaltanouto

- Paikallisuus!

KJ-I S2005 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 42

## Kertauskysymyksiä

- n Mitä hyötyä on keskeytysmekanismista?  
Voiko tietokone toimia ilman keskeytyksiä?
- n Miten keskeytysmekanismi toimii?
- n Miksi keskeytyksiä kannattaisi priorisoida?
- n Miten CPU saadaan suorittamaan KJ:tä / tavallista prosessia?
- n Miten CPU niitä käskyjä suorittaa?
- n Mikä oleellinen ero on suoralla I/O:lla ja epäsuoralla I/O:lla?
- n Miksi DMA siirto on järkevää levysiirroissa?
- n Miten paikallisuutta voidaan hyödyntää?