

# Käyttöjärjestelmät I

## Luento 2: LAITTEISTOSTA

Stallings, Luku 1

# Sisältöä

- **Keskusyksikkö**
- **Käskesykli**
- **Keskeytys ja sen käsittely**
- **Siirräntä**
- **Muistihierarkia**

= **Tietokoneen Toiminta** kurssin kertausta

# Tietokonejärjestelmä

= **laitteisto + ohjelmisto**

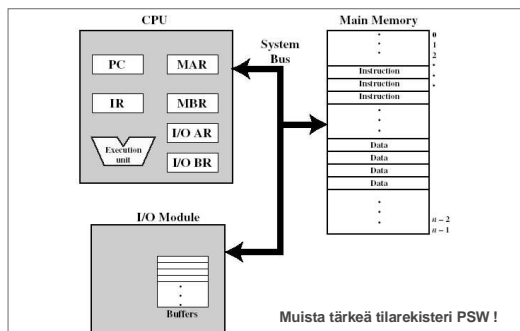
- **Sovellus saa laitteiston käyttöönsä KJ:n avustuksella**
  - ◆ CPU ja muisti
  - ◆ ohjelaitteet
- **KJ tarjoaa laitteiston käytössä tarvittavat 'palvelunsa' sovellukselle**
  - ◆ prosessien hallinta
  - ◆ muistinhallinta
  - ◆ siirräntäjärjestelmä
  - ◆ tiedostojärjestelmä
- **KJ on tärkein laitteiston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

# Käyttöjärjestelmät I

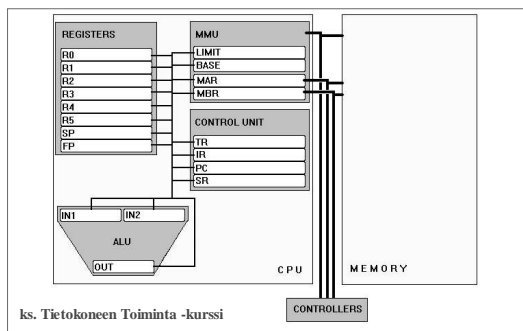
## KESKUSYKSIKKÖ

# Keskusyksikkö

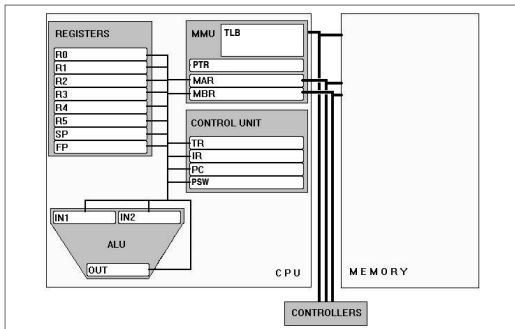
Kuva 1.1



# Keskusyksikkö



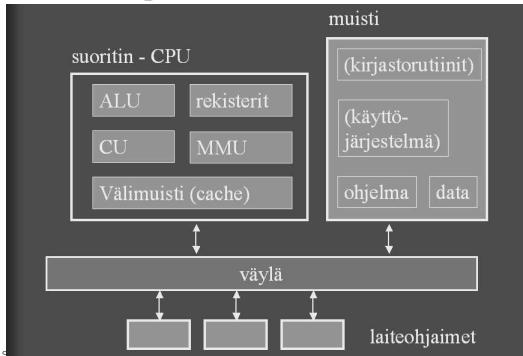
## Keskusyksikkö



KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 7

## Keskusyksikkö



KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 8

## Keskusyksikön osat

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

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 9

## Muistinhallintayksikkö MMU

### Memory Management Unit

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

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 10

## Muistinhallintayksikkö MMU

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

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 11

## Proessorin rekistereitä

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

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 12

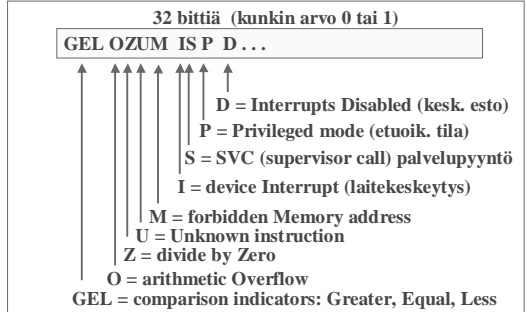
## Ohjaus- ja tilarekistereitä

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

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 13

## Esimerkki Tilarekisteristä



KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 14

## Yleiskäyttöisiä rekistereitä

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

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 15

## Käyttöjärjestelmät I

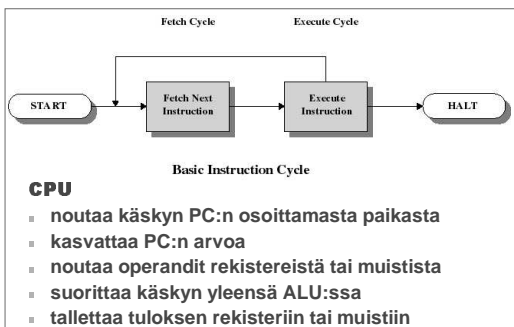
### KESKEYTYS

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 16

## Käskeysykli (perusmalli)

Kuva 1.2



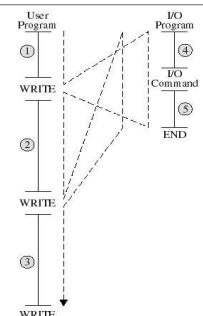
KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 17

## Yksinkertainen siirräntä

Kuva 1.5a

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



KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 18

## Keskeytys

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

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 19

## Moniajo (multiprogramming)

- Siirräntä hidasta, eikä sovellus voi aina jatkaa ennenkuin siirto valmis
  - ◆ esim. prosessi lukee tietoa oheislaitteelta
- CPU odottaa toimettona keskeytystä

Idea: KJ ottaa suoritukseen useita prosesseja

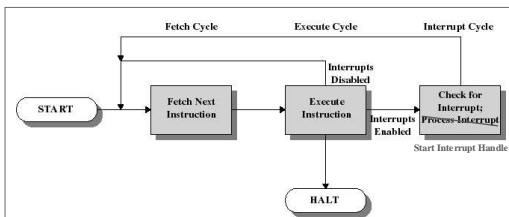
- Kun yksi odottaa, suorita toista
- Entä, jos prosessi ei tee siirräntää?
  - ◆ Ei palvelupyynnöitä, ei keskeytyksiä
  - ◆ Muut prosessit nälkiintyvät
- Tarvitaan kello, joka keskeyttää

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 20

## Käskysykli (täydennetty)

Kuva 1.7



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

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 21

## Keskeytys

Table 1.1 Classes of Interrupts

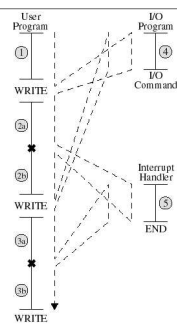
<b>Program</b>	Generated by some condition that occurs as a result of an instruction execution, such as arithmetic overflow, division by zero, attempt to execute an illegal machine instruction, and reference outside a user's allowed memory space.
<b>Timer</b>	Generated by a timer within the processor. 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 S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 22

## Siirräntä ja keskeytys (kuva 1.5b)

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



KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 23

## Keskeytyskäsitelijä (Interrupt handler)

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

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

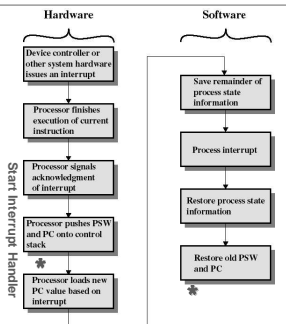
2 - 24

# Keskeytyksäsitely

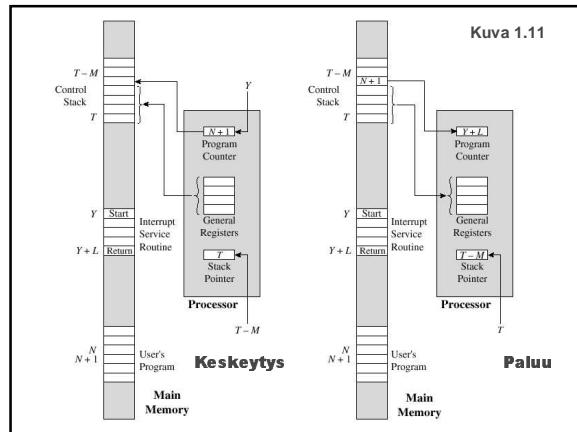
(kuva 1.10)

Kirja s. 21-25

- \* Etuoikeutettu tila vs. käyttäjätila
- \* Keskeytysten esto vs. salliminen

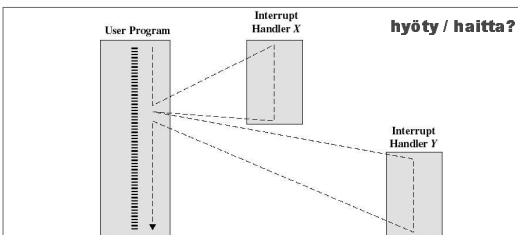


KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta



Kuva 1.11

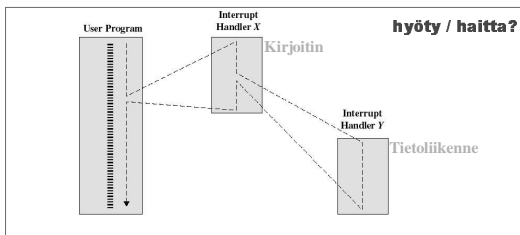
# Peräkkäinen käsittely



- hyöty / haitta?**
- Keskeytykset estetty käsittelyn aikana
    - ◆ PSW:n 'keskeytykset estetty' lipuke
  - Uudet keskeytykset jäävät odottamaan
  - Kun käsitelty, CPU tutkii taas keskeytyslipuketta

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

# Priorisoitu käsittely



- hyöty / haitta?**
- Alemman prioriteetin keskeytyksäsitely jää kesken, jos tulee kiireellisempi keskeytys
    - Myös keskeytyksäsitely voi keskeytyä!
  - Esim. Tietoliikenneohjaimen keskeytys käsitellään välittömästi, jotta saadaan uutta tilaa saapuvalla datalla

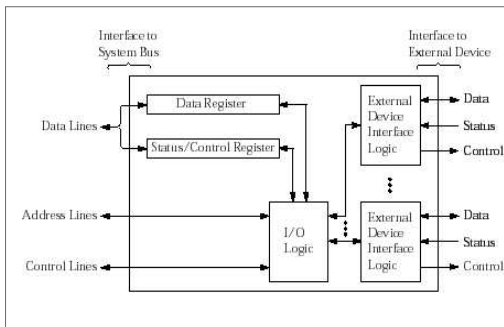
KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

# Käyttöjärjestelmät I

## SIIRRÄNTÄ

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

# I/O-ohjain



KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

## 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 S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 31

## Siirtomenetelmät

### Kolme perusmenetelmää

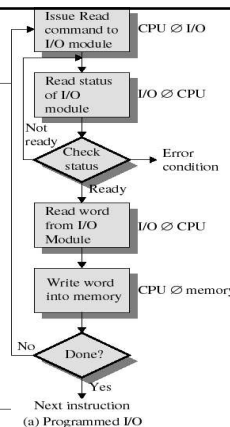
- Suora I/O (Programmed I/O)**
  - ei keskeytyksiä
- Epäsuora, keskeyttävä I/O (Interrupt-driven I/O),**
  - ohjain keskeyttää
- DMA-siirto (Direct Memory Access)**
  - ohjain keskeyttää
  - ohjain siirtää suoraan keskusmuistiin
  - 'Älykäs' laiteohjain

KJ-I S2043 / 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



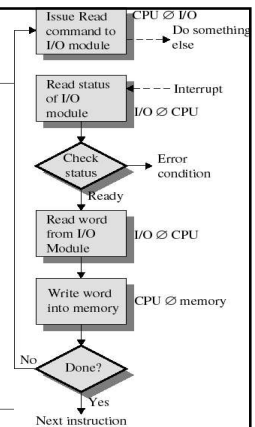
KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 35

## 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

→ Siirto kuormittaa edelleen CPU:ta

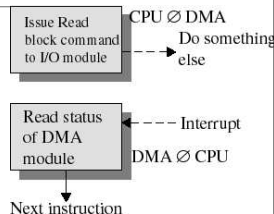


KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 36

## 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
- CPU voi suorittaa siirron aikana muita prosesseja



KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 35

## Käyttöjärjestelmät I

### MUISTI

KJ-I S2043 / 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 =  $10^{-3}$

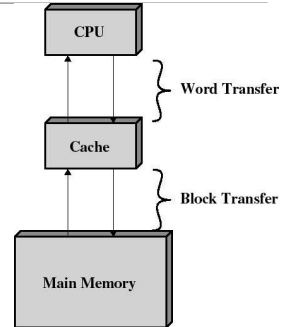
KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 37

## Välimuisti (cache memory)

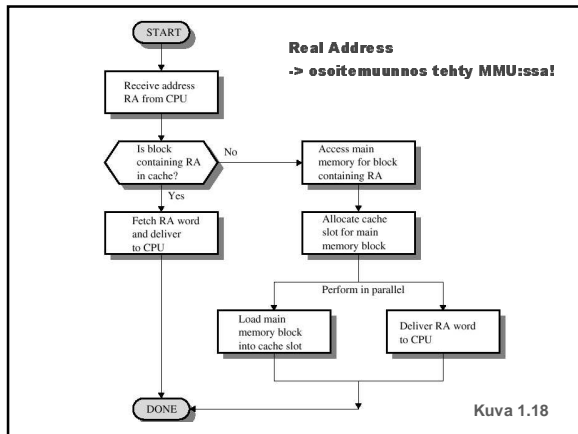
- Pieni, nopea muisti / rekisterijoukko CPU:n ja keskusmuistin välissä
- CPU:n osana ja / tai ulkopuolella
- Laitetasolla, ei näy ohjelmissa / KJ:ssä

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



KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 38



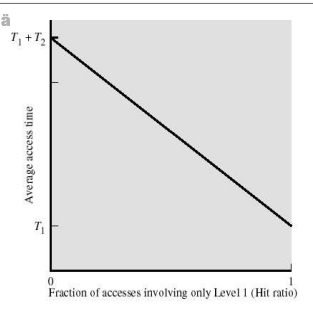
KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 41

## Osumatodennäköisyys (Hit Ratio)

= Todennäköisyys, että viitattu muistipaikka on välimuistissa

- T1 = saantiaika välimuistista
- T2 = saantiaika keskusmuistista
- T2 >> T1
- Kun osumatodenn. lähellä arvoa 1, keskim. saantiaika lähellä T1:tä



KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 40

## Paikallisuus (locality of references)

Ajallinen ja alueellinen paikallisuus:

- Esim. silmukassa suoritetaan toistuvasti samaa käskyjoukkoa
- Tiettyssä osassa 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 S2043 / 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 puskurin
- Ennaltanouto

- Paikallisuus!

KJ-I S2043 / Tiina Niklander Auvo Häkkinen kalvojen pohjalta

2 - 42

## **Kertauskysymyksiä**

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