


Luento 9

Järjestelmän ulkoinen muisti



Muistihierarkia
Virtuaalimuisti
Kiintolevyt
Muut pyörivät levyt

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 1

Muistihierarkia ⁽⁴⁾

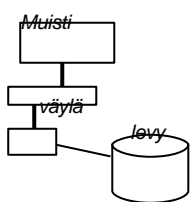
ks. Fig. 2-18 [Tane99]

- 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!

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 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



18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 3

Ohjelman muistiosoitteet ⁽³⁾

- Ohjelmassa loogiset nimet
 - muuttujat, oliot, aliohjelmat
- Ladatussa ohjelmassa loogiset osoitteet
 - staattinen osoitteiden sidonta
 - joskus myös suorat fyysiset osoitteet käytössä
 - KJ:n osat (esim. keskeytyskäsitteijät)
- Suoritusajana tarvitaan fyysisiä osoitteita
 - dynaaminen osoitteiden sidonta
 - tehdään joka konekäskyllä jokaiselle tarvittavalle osoitteelle
 - käskyn osoite
 - operandien osoitteet

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 4

Heittovaihto (swapping)

- Pidä kaikki ohjelman muistialueet muistissa
 - Suorituksessa oleva ohjelmalle
 - Ready-to-Run jonossa oleville ohjelmille Miksi?
- Uusi prosessi?
 - Etsi vapaa yhtenäinen muistialue ja "swappaa" prosessi sinne
 - Ei tilaa? Siirrä joku (alemman prioriteetin) työ levyille
- Joskus iso ohjelma pitää jakaa pienempiin ajokelpoisin heittovaihdettaviin osiin
- Osoitteen muunnos: kanta- ja rajarekisterit

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 5

Virtuaalimuistin toteutus

- Toteutustavat
 - kanta- ja rajarekisterit
 - sivutus
 - (segmentointi ja sivuttava segmentointi)
- Laitteistotuki
 - MMU - muistinhallintayksikkö
 - rakenne ja toiminta vaihtelee virtuaalimuistin toteutustavan mukaan

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 6

Kanta- ja rajarekistereihin perustuva virtuaalimuisti ⁽³⁾

- Yhtenäiset keskusmuistialueet
 - yksi tai useampi per prosessi
 - erilliset segmentit (ja siis kanta ja rajarekisterit) koodille, datalle, I/O-porteille, yhteiselle datalle, ...
- MMU:ssa BASE ja LIMIT rekisterit
 - segmentti joko oletusarvoinen tai nimettykonekäskyssä
 - kaikki osoitteet loogisia virtuaaliosoitteita
 - helppo tarkistus ja muunnos

Tarkista: $x < \text{LIMIT}$
 Fyysinen osoite: $\text{BASE} + x$

18.8.2000
Teemu Kerola, K2000
7

Sivuttava virtuaalimuisti

- Looginen osoiteavaruus jaettu saman kokosiin sivuihin, esim. 1 KB
- Fyysinen muisti jaettu saman kokosiin sivuraameihin (page frame)
- Jokainen looginen sivu voidaan sijoittaa mihin tahansa (vapaaseen) sivuraamiin
- Sivutaulu pitää kirjaa loogisten sivujen sijainnista

18.8.2000
Teemu Kerola, K2000
8

Sivuttavan virtuaalimuistin osoitteenmuunnos ⁽⁷⁾

- Loogiset osoitteet sisältävät kaksi kenttää
 - sivun osoite
 - siirtymä sivun sisällä
- Sivutaulun avulla looginen sivun osoite korvataan fyysisellä sivuraamiin osoitteella
- Ongelmatilanteet
 - looginen sivun osoite voi olla virheellinen
 - kyseinen looginen sivu ei ole missään sivuraamissa (vielä) => sivunpuutoskeskeytys

01100110 10110000

sivu siirtymä

00111011 10110000

sivuraami siirtymä

18.8.2000
Teemu Kerola, K2000
9

Sivuttava virtuaalimuistin osoitteenmuunnos ⁽⁴⁾

18.8.2000
Teemu Kerola, K2000
10

Sivunpuutos ⁽¹²⁾

18.8.2000
Teemu Kerola, K2000
11

Sivuttava virtuaalimuisti ⁽²⁾

- Fyysinen muisti jaettu sivuihin
 - prosessin looginen muistiavaruus on fyysisesti talletettu erillisissä samankokoisissa sivuissa
- Sivutaulu
 - joka prosessilla omansa (PCB:ssä linkki siihen)
 - sijaitsee muistissa
 - voi olla hyvin iso (alkio per virtuaalisen osoiteavaruuden sivu)

18.8.2000
Teemu Kerola, K2000
12

Osoitteen muunnos (3)

- MMU tekee jokaiselle osoitteelle
 - koodi, data
 - useammin kuin kerran per käsky!
- Ei voi hakea osoitteenmuutostietoja muistista sivutaulusta joka kerta!
 - liian kallis hinta virtuaalimuistista?
- MMU pitää tallessa ("välimuistissa") viimeisimmät osoitteenmuunnokset
 - osoitteenmuunnostaulukko TLB (Translation Lookaside Buffer)
 - 99.9% osumasuhde?

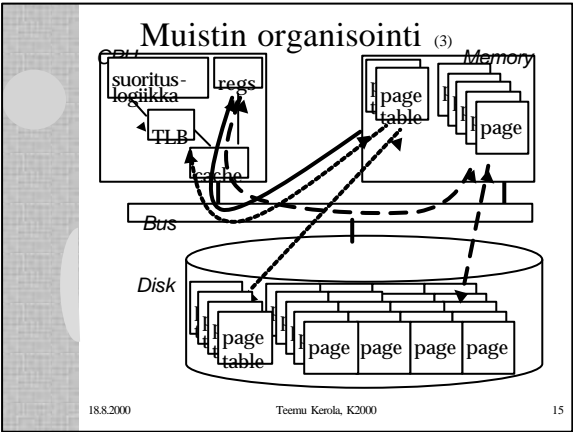
18.8.2000 Copyright Teemu Kerola 1999 13

TLB - osoitteenmuunnostaulukko (3)

Fig. 7.19 [Stal99]

- TLB "osuma" ?
 - Osoitteenmuunnos löytyy TLBstä - nopea
- TLB "huti"?
 - täytyy lukea tiedot sivutaulusta muistista
 - vie aikaa vähän
 - suoritin odottaa (tyhjäkäynnillä)
- Toteutus
 - samalla tavalla kuten tavallinenkin välimuisti
 - wälimuistin rivin (datan) asemesta löytyykin haluttu tiedon fyysinen osoite

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 14



TLB ja välimuisti (4)

- Yleensä osoitteenmuunnos ensin ja sitten välimuistihaku
- Wälimuisti voi perustua myös virtuaalisosoitteisiin
 - voi tehdä TLB-haun ja välimuistihauan samanaikaisesti
 - nopeuttaa
- Toteutukset hyvin samankaltaisia
 - TLB toteutus optimoitu ajalliselle paikallisuudelle
- Kumpikin ovat tuntumattomia ("näkyttömiä") niitä hyödyntäville ohjelmille
 - KJ rutiinit voivat "nollata" molemmat, mutta eivät lukea niiden sisältöä

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 16

TLB vs. Välimuisti

TLB huti	Välimuisti huti
<ul style="list-style-type: none"> CPU odottaa HW toteutus Tuntumaton prosessille Tiedot kopioidaan muistista TLB:hen <ul style="list-style-type: none"> sivutaulusta 	<ul style="list-style-type: none"> CPU odottaa HW toteutus Tuntumaton prosessille Tiedot kopioidaan muistista välimuistiin <ul style="list-style-type: none"> sivunaamista

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 17

TLB hudit vs. sivunpuutoshudit

TLB huti	Sivunpuutos
<ul style="list-style-type: none"> Suoritin odottaa tyhjäkäynnillä HW toteutus Data kopioidaan sivutaulusta TLB:hen kesto 4 ns (?) 	<ul style="list-style-type: none"> Prosessi odottaa ja suoritusvuoro toisella prosessilla SW toteutus Data kopioidaan levytä muistiin kesto 30 ms (?)

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 18

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)

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 19

Levymuisti ⁽⁹⁾

- Levykkö
 - pyörii nopeasti (koko ajan?) 3600-10800 rpm
 - luku/kirjoituspääät liikkuvat kaikki yhtä aikaa
 - monta levyä 1-16 levyä/levykkö
- Levypinta ks. Fig. 2.19 [Tane99]
 - 2 per levy (tai 1) 2000-3000 uraa/pinta
 - ura
 - sektori: pienin kerralla osoitettavissa oleva alue 0.5-8KB/ura
 - sylinteri: päällekkäin olevat urat (luku/kirj. pää samalla kohtaa) 1-31 uraa/sylinteri

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 20

Levymuistin saantiaika ⁽²⁾

- Tiedon osoite: levy-pinta + ura + sektori
 - laiteajuri etsii KJ-taulukoista loogisen osoitteen perusteella ks. Fig. 2.20 [Tane99]
- Saantiaika:
 - hakuvarren siirtoaika (seek time)
 - odota kunnes sektori kohdalla (pyörähdysviive) (rotational delay)
 - siirrä sektorin verran tietoa (data transfer time)

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 21

Tiedoston talletus levyille ⁽²⁾

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

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 22

FAT - File Allocation Table (DOS)

DOS levykkeet: 1.44MB, lohko 512 B, 2.9K lohkoa
 entä: 1 GB, lohko 64 KB, 64K lohkoa OK?

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 23

Mikä on hyvä levylohkon koko?

- Mihin käyttöön?
- Videokuvan talletus/playback?
 - 1 minuutti
 - 12.3 MB
 - lohko 4KB? osoitetaulu? 1.5 Mbit/sek (koko ajan)
 - epäsuorat viittaukset? riittääkö nopeus?
 - entä jos 1 tunti?

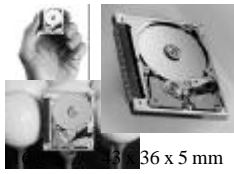
18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 24

Erilaisia levyjä

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

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 25

Kiintolevy (7)



- Kiinteä, ei vaihdettavissa oleva levy
- Väylä: IDE, EIDE, ATA, SCSI, PCMCIA
- 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

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 26

Zip & Jaz levykeasemat (6)



- Vaihdettava levyke
- Väylä: USB, rinnakkaisväylä, SCSI, ...
- Tila: 100 MB - 2 GB
- Haku aika: 10-30 ms
- Pyörimisnopeus: 3000-5400 rpm
- Siirtonopeus: 1-6 MB/sec

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 27


Levykeasema (6)



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

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 28


CD - Compact Disc (9)



- Vaihdettava levyke
- CD-R (Recordable)
- CD-RW (Rewritable)
- Yksi pitkä spiraalimainen "ura"
- Väylä: SCSI, USB, ...
- Tila: 650 MB
- Haku aika 90 ms
- Pyörimisnopeus 200-9000 rpm
- Siirtonopeus 0.1-2 MB/sec

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 29

DVD - Digital Versatile Disk (9)



- Vaihdettava levyke
- DVD-ROM
- DVD-R (Recordable)
- DVD-RAM (kuten tavallinen kovalevy)
- Väylä: EIDE, ATAPI, SCSI
- Tila: 4.7-17 GB
- Haku aika 100-180 ms
- Pyörimisnopeus 2000-8000 rpm
- Siirtonopeus 2-8 MB/sec

18.8.2000 Teemu Kerola, K2000 30

