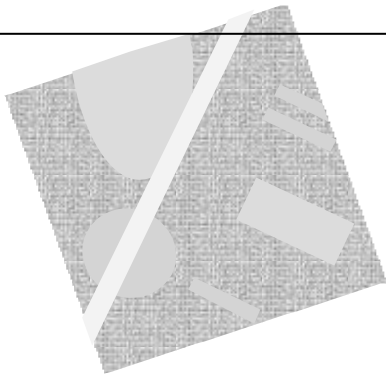


Luento 9

Järjestelmän ulkoinen muisti



- Muistihierarkia
- Virtuaalimuisti
- Kiintolevyt
- Muut pyörivät levyt

29.5.2001 Teemu Kerola, K2000 1

Muistihierarkia ⁽⁴⁾

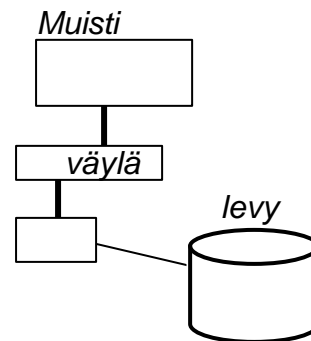
ks. Fig. 2-18 [Tane99]

- 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!

29.5.2001 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



29.5.2001

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. keskeytyksäsittelijät)
- Suoritusajana tarvitaan fyysisiä osoitteita
 - dynaaminen osoitteiden sidonta
 - tehdään joka konekäskyllä jokaiselle tarvittavalle osoitteelle
 - käskyn osoite
 - operandien osoitteet

29.5.2001

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 ajokelpoisiin heittovaihdettaviin osiin
- Osoitteen muunnos: kanta- ja rajarekisterit

29.5.2001 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

29.5.2001 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

ttk-91: 1 segmentti

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

29.5.2001

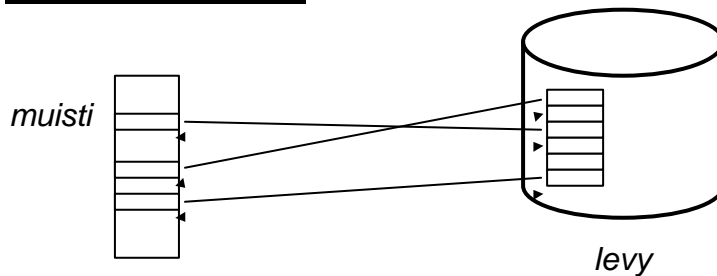
Teemu Kerola, K2000

7

Sivuttava virtuaalimuisti

- Looginen osoiteavaruus jaettu saman kokoiisiin sivuihin, esim. 1 KB
- Fyysinen muisti jaettu saman kokoiisiin sivukehyksiin (sivuraameihin)
- **Kaikki tieto** on levyllä
- **Käytössä olevat tiedot** ovat keskusmuistissa

(page frame)



29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

8

Sivuttava virtuaalimuisti

- Jokainen looginen sivu voidaan sijoittaa mihin tahansa (vapaaseen) sivukehykseen muistissa
- Sivutaulu pitää kirjaa loogisten sivujen sijainnista sekä muistissa että levyllä

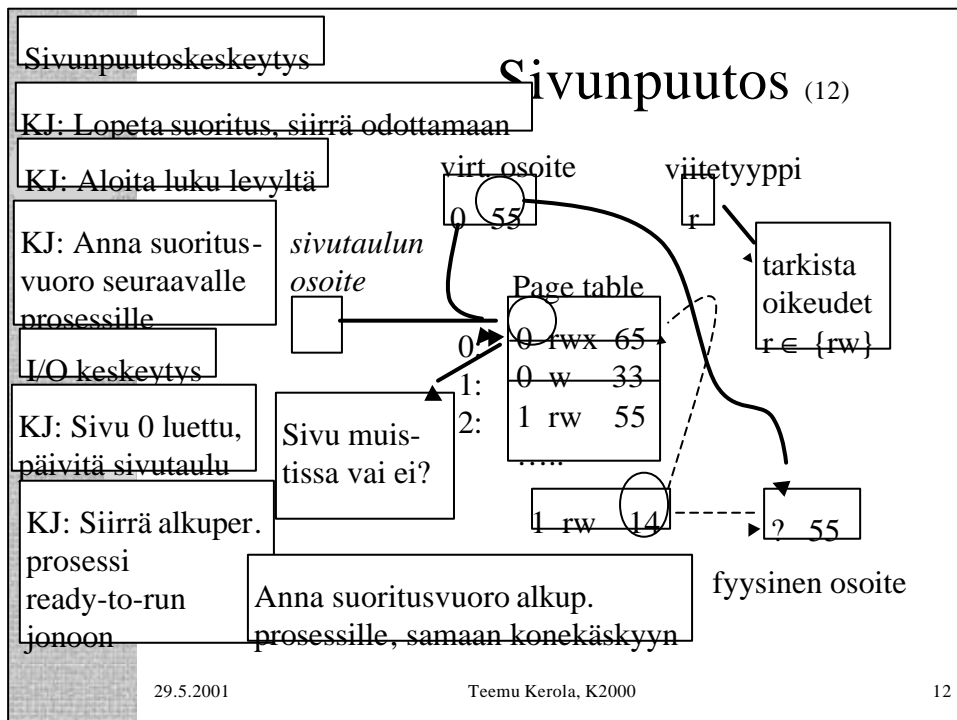
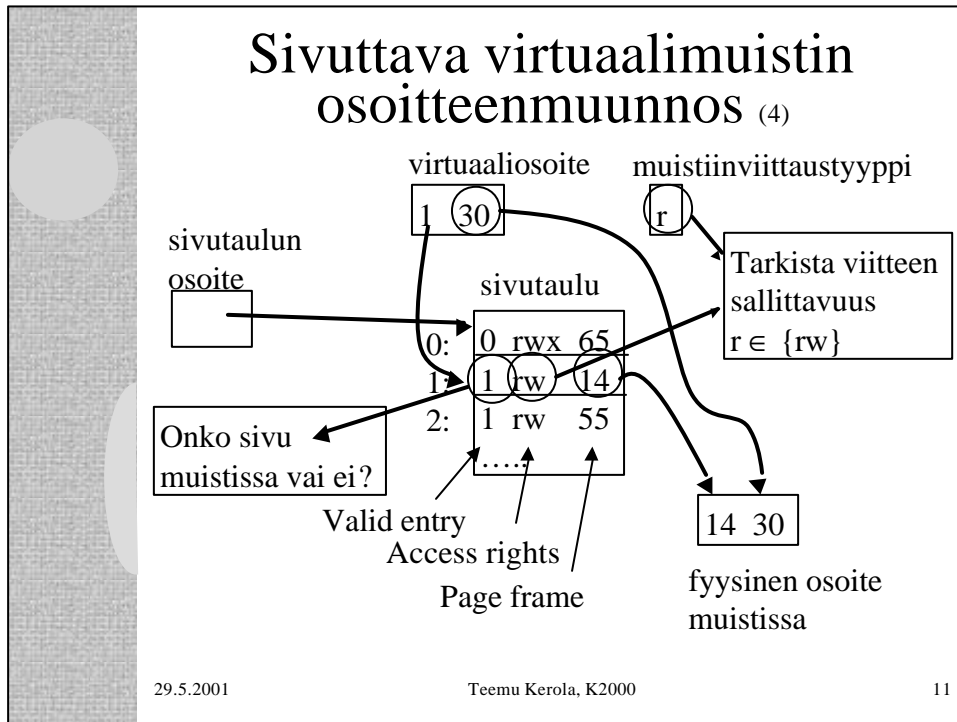
29.5.2001 Teemu Kerola, K2000 9

Sivuttavan virtuaalimuistin osoitteenmuunnos (7)

- Loogiset osoitteet sisältävät kaksi kenttää
 - sivun osoite
 - siirtymä sivun sisällä
- Sivutaulun avulla looginen **sivun** osoite korvataan fyysisellä **sivukehyksen** osoitteella
- Ongelmatilanteet
 - looginen sivun osoite voi olla virheellinen
 - kyseinen looginen sivu ei ole missään sivukehyksessä (vielä) ⇒ **sivunpuutoskeskeytys**

01100110	10110000
sivu	siirtymä
▼	
00111011	10110000
sivukehys	siirtymä

29.5.2001 Teemu Kerola, K2000 10



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)
 - passiivinen osa sivutaulua voi olla levyllä
 - voi olla virtuaalimuistissa

29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

13

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?

29.5.2001

Copyright Teemu Kerola 1999

14

TLB - osoitteenmuunnostaulukko ⁽³⁾

- TLB “osuma” ? Fig. 7.19 [Stal99]
 - Osoitteenmuunnos löytyy TLB:stä - nopea;
- TLB “huti”?
 - täytyy lukea tiedot sivutaulusta muistista
 - suoritin odottaa (tyhjäkäynnillä)
- Toteutus
 - samalla tavalla kuten tavallinenkin välimuisti
 - välimuistin rivin (datan) asemesta löytyykin haluttu tiedon fyysinen osoite
 - 0-2 muistiviitettä , paitsi jos viitattu sivu täytyy ensin hakea muistista

29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

15

TLB ja välimuisti ⁽⁴⁾

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

29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

16

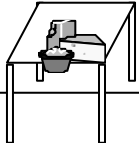

TLB vs. Välimuisti

TLB huti	Välimuistihuti
<ul style="list-style-type: none"> • CPU odottaa • HW toteutus • Tuntumaton prosessille • Tiedot kopioidaan muistista TLB:hen <ul style="list-style-type: none"> – sivutaulu jossakin sivukehyksessä 	<ul style="list-style-type: none"> • CPU odottaa • HW toteutus • Tuntumaton prosessille • Tiedot kopioidaan muistista välimuistiin <ul style="list-style-type: none"> • data jossakin sivukehyksestä

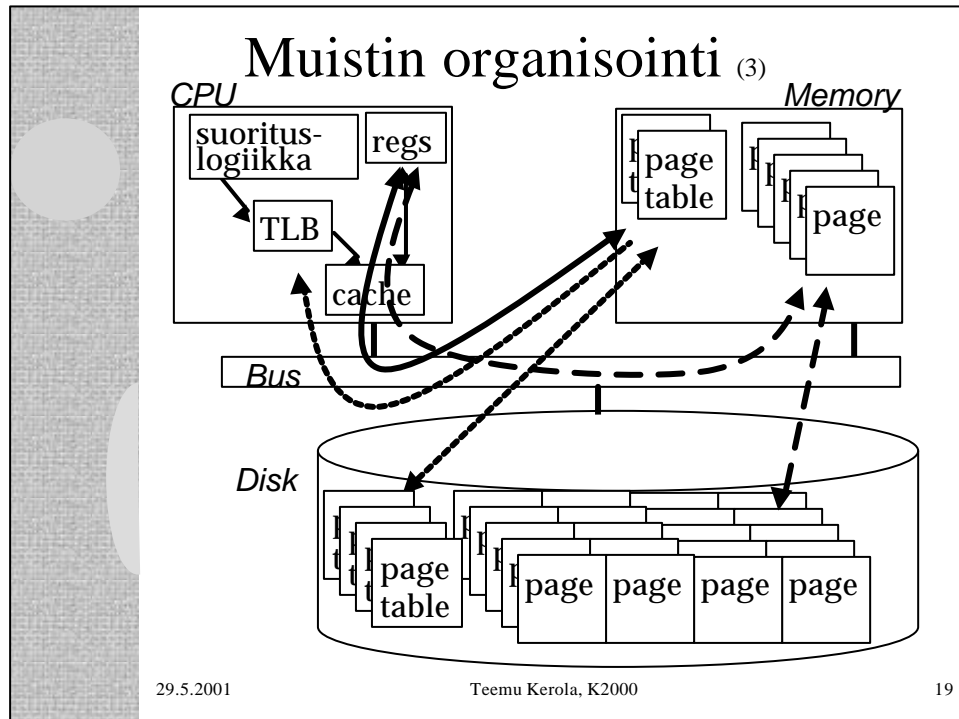
29.5.2001
Teemu Kerola, K2000
17

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 levyiltä muistiin • kesto 30 ms (?) = 30 000 000 ns

29.5.2001
Teemu Kerola, K2000
8



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)

29.5.2001 Teemu Kerola, K2000 20

Levymuisti ⁽⁹⁾

ks. Fig.2.20 [Tane99]

- Levykkö
 - pyörii nopeasti (koko ajan?) ~ 3600-10800 rpm
 - luku/kirjoituspäät 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 ~ 20-100 sektoria/ura
 - sektori: pienin kerralla osoitettavissa oleva alue ~ 0.5-8KB/ura
 - sylinteri: päällekkäin olevat urat (luku/kirj. pää samalla kohtaa) ~ 1-31 uraa/sylinteri

29.5.2001
Teemu Kerola, K2000
21

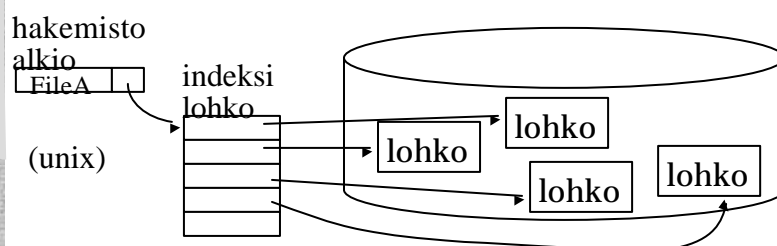
Levymuistin saantiaika ⁽²⁾

- Tiedon osoite: levypinta + ura + sektori
 - laiteajuri etsii KJ-tilukoista loogisen osoitteen perusteella ks. Fig.2.20 [Tane99]
- Saantiaika:
 - hakuvarren siirtoaika (seek time)
 - min, 2 ms, max 15 ms (?)
 - odota kunnes sektori kohdalla (pyörähdysviive) (rotational delay)
 - on keskim. puolen pyörähdysaika; esim. 3600 rpm => 8.33 ms (data transfer time)
 - siirrä sektorin verran tietoa
 - esim. pyör.aika/sekt. lkm = 0.42 ms

29.5.2001
Teemu Kerola, K2000
22

Tiedoston talletus levyllä (2)

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



29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

23

DOS-levykkeen rakenne

- FAT -File Allocation Table
 - kertoo, mitkä sektorit ovat vapaana
 - kertoo, mitkä sektorit ovat käytössä millekin tiedostolle
 - kiinteä paikka levykkeellä, 2 kopiota
- Hakemisto
 - erikoityyppinen hakemisto
 - hakemistoalkio joka tiedostolle
 - nimi, tyyppi, koko, muutos pvm ja kellonaika
 - attribuutit (invisible, read-only, ...)
 - linkki ensimmäiseen sektoriin FAT:ssä

29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

24

FAT - File Allocation Table (DOS)

The diagram illustrates the FAT system. On the left, a directory entry labeled 'hakemistoalkio' shows 'aa:' pointing to a box containing the number '32'. Below this is the 'FAT varaustaulu' (FAT allocation table), a row of boxes containing the values 34, 36, -1, and an ellipsis. Below the FAT table, a row of circles contains the numbers 32, 33, 34, 35, and 36. On the right, a disk cylinder is shown with three sectors labeled '1.', '2.', and '3.'. Sector 1 contains the number '32', sector 2 contains '34', and sector 3 contains '36'. Arrows indicate the mapping: the directory entry 'aa:' points to sector 1; the FAT entry '34' points to sector 2; the FAT entry '36' points to sector 3; and the FAT entry '-1' indicates the end of the file.

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

29.5.2001 Teemu Kerola, K2000 25

Mikä on hyvä levylohkon koko?

- Mihin käyttöön?
- Videokuvan talletus/playback?
 - 1 minuutti
 - 12.3 MB
 - lohko 4KB? osoitetaulu?
 - epäsuorat viittaukset? riittääkö nopeus?
 - entä jos 1 tunti?

1.5 Mbit/sek (koko ajan)

29.5.2001 Teemu Kerola, K2000 26

Erilaisia levyjä

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

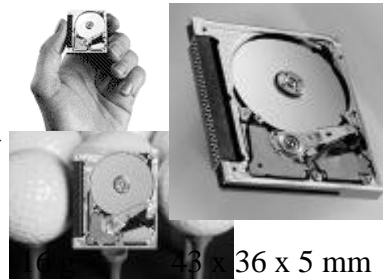
29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

27

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



29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

28

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

29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

29

Levykeasema ⁽⁶⁾



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



29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

30

CD - Compact Disc ⁽⁹⁾

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



29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

31

DVD - Digital Versatile Disk ⁽⁹⁾

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



29.5.2001

Teemu Kerola, K2000

32

