

Käyttöjärjestelmät I

Luento 6: VIRTUAALIMUISTI

Stallings, Luku 8.1

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 1

Sisältö

- n Ohjelman suoritus virtuaalimuistissa
- n Sivutus
- n Osoitemuunnospuskuri TLB
- n Lisää sivutauluista

Luento 7:

- n Segmentointi
- n Segmentointi ja sivutus yhdistettynä
- n Yhteiskäytöstä

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 2

Käyttöjärjestelmät I

OHJELMAN SUORITUS VIRTUAALIMUISTISSA

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 3

Suoritus virtuaalimuistissa

- n Ohjelman loogiset osoitteet muutetaan fyysisiksi osoitteiksi vasta ajonaikana
 - u prosessin paikka muistissa vaihtelee, sillä ei vaikutusta osoitemuunnokseen
 - u MMU

- n KJ käsittelee ohjelmaa **sivuna** tai **kääntäjä jakaa ohjelman segmentteihin**, jotka KJ voi sijoitella vapaasti muistiin
 - u KJ:n kirjanpito osien sijainnista prosessin sivutaulussa tai segmenttitaulussa

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 4

Suoritus virtuaalimuistissa

- n Kaikkien sivujen / segmenttien ei tarvitse olla muistissa yhtäaikaan
 - u riittää, että suoritettava osa ja sen data muistissa
 - u paikallisuus, suoritus viihtyy samoilla alueilla
 - u ks. kuva 8.1
- n Laitteisto (MMU) ja KJ huolehtivat, että tarvittavat osat oikeaan aikaan muistissa
 - u MMU huomaa puuttumisen
 - u KJ noutaa muistiin

= Virtuaalimuisti

Suoritus virtuaalimuistissa

- n Sivu- / segmenttitaulun alkiossa **läsnäolobitti**, josta käy ilmi onko sivu / segmentti muistissa
- n Lataaja tuo aluksi muistiin vain muutaman sivun / segmentin (ennaltanouto) tai ei yhtään (**tarvenouto**)
- n Prosessi CPU:lle \bar{O}
 - MMU:hun sivu- / segmenttitaulun fyysinen muistiosoite
 - TLB:n sisällön mitätöinti

Puutoskeskeytys (memory / page fault)

- n Jos viitattu osoite ei ole muistissa, MMU aiheuttaa keskeytyksen
- n KJ siirtää keskeytyksen aiheuttaneen prosessin (A) Blocked-tilaan
- n KJ etsii sivulle / segmentille vapaan paikan muistista
- n KJ käynnistää ohjaimen siirtämään puuttuvaa sivua / segmenttia ko. paikkaan
- n Siirron aikana CPU suorittaa muita prosesseja

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 7

Puutoskeskeytys

- n Kun siirto valmis, ohjain keskeyttää suorituksessa olevan prosessin B
- n KJ päivittää prosessin A sivu/segmenttitaulun ja siirtää prosessin A Ready-tilaan
- n Suoritus palaa takaisin prosessiin B
- n Kun prosessi A taas aikanaan suoritukseen, se viittaa uudestaan äskeiseen osoitteeseen
 - u nyt viitatus mp:n sisältö muistissa

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 8

Virtuaalimuistin etuja

- n **Muistia käytetään tehokkaammin hyväksi**
 - u kustakin prosessista vain tarvittava osa muistissa
 - u montako sivua/prosessi pidetään muistissa yhtäaikaan?
 - F lokaalit ja globaalit algoritmit
- n **Prosessoria käytetään (kenties) tehokkaammin**
 - u moniajoastetta voi nostaa
 - F muistiin mahtuu paremmin, ei ruuhkautumista

Virtuaalimuistin etuja

- n **Voi ajaa fyysistä muistia suurempia ohjelmia**
 - u ohjelmoijan ei tarvitse huolehtia kerrostuksesta
- n **Osoiteavaruus voi olla valtaisa verrattuna todelliseen muistin määrään**
 - u esim. 32 bittiä => 4GB:n osoiteavaruus
 - u hyöty?
- n **Looginen osoiteavaruus saa sisältää 'reikiäkin'**
 - u vain tarvittavat osat kuvataan fyysiseen muistiin

Käyttöjärjestelmät I

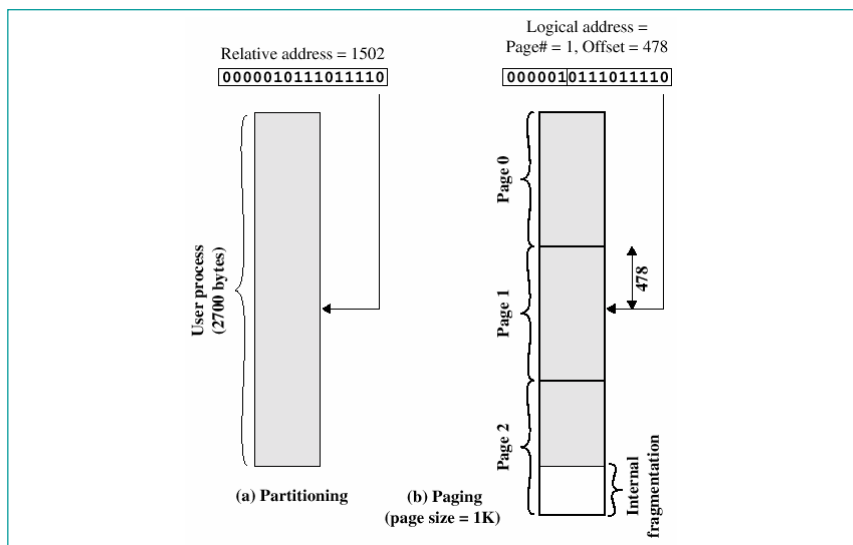
SIVUTUS

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 11

Sivutus

Kuva 7.11



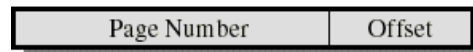
KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 12

Sivutaulu

Kuva 8.2a

Virtual Address



P= present bit
M = Modified bit

Page Table Entry



- n **Jokaisella prosessilla oma sivutaulu**
 - u missä sivutiloissa tämän prosessin sivut sijaitsevat
- n **Jokaisessa alkiossa läsnäolobitti P**
 - u P=1: sivu muistissa, alkiossa sivutilan numero
 - u P=0: sivu ei muistissa, alkiossa esim. tieto missä sivu sijaitsee tukimuistissa (suoraan/epäsuorasti)

Sivutaulu

- n **Jokaisessa sivutaulun alkiossa muutettu-bitti M (modified)**
 - u M=1: sivun sisältö muuttunut muistissa, sivu kirjoitettava levyille, jos varaus vapautetaan
 - u M=0: sivua ei muutettu, ei tarvitse kirjoittaa levyille sivutilaa vapautettaessa
- n **Sivutaulun alkiossa mahd. myös muuta tietoa**
 - u käyttötapabitti: R / RW
 - u suojaustasobitti/bitit: KJ:n sivu / tav. prosessin sivu
 - u milloin sivuun viitattu viimeeksi tai viitelaskuri
 - F poistoalgoritmit tarvitsevat näitä

Osoitemuunnos

- n **Prosessien sivutaulut tavallisesti eri kokoisia ja voivat olla suuria**
 - u koko riippuu sivukoosta ja ohjelman koosta
 - u koko taululle ei voi varata tilaa MMU:sta
 - F sivutaulu muistissa ja osa jopa levyllä
 - F sivutaulun fyysinen osoite PCB:ssä

- n **MMU:ssa sivutaulurekisteri PTR, jossa suoritettavan prosessin sivutaulun fyysinen alkuosoite**

Osoitemuunnos

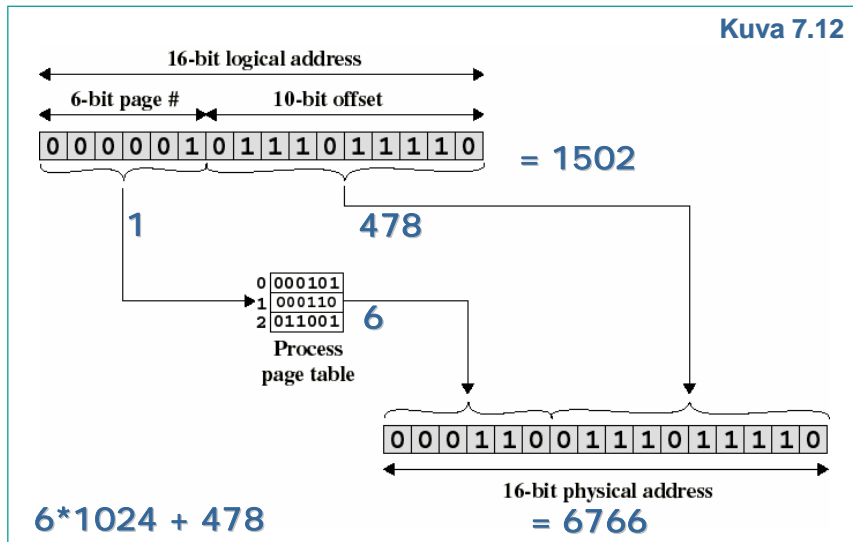
- n **MMU jakaa loogisen osoitteen pariiksi (sivunro,siirtymä)**
 - u Esim. kun sivukoko 1024 B (= 2^{10})
 - F 10 viimeistä bittiä siirtymä
 - F alkuosa sivunumero

- n **MMU korvaa sivunumero-bitit sivutaulusta löytyvillä sivutilannumero-biteillä**
 - u ts. MMU katenoi sivutilanumeron ja siirtymän bitit

- n **Helppo laitetoiminto**

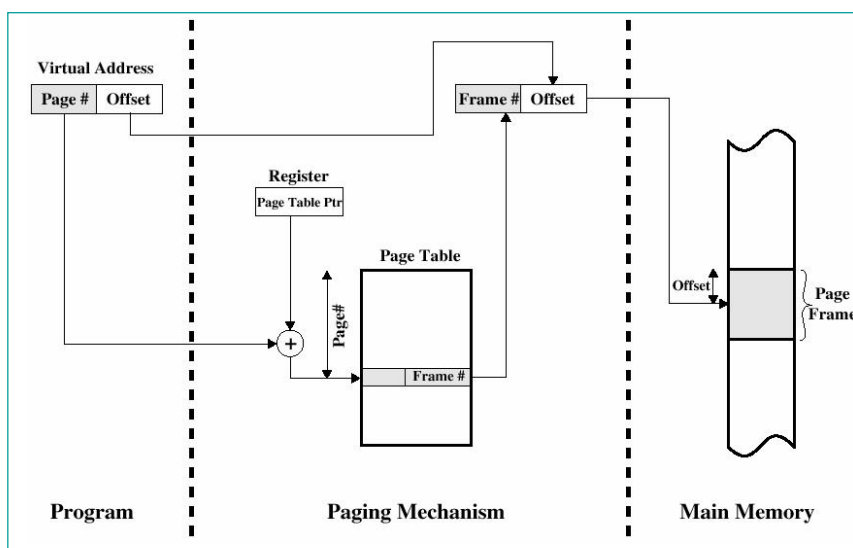
Looginen vs Fyysinen osoite

Kuva 7.12



Osoitemuunnos

Kuva 8.3



Käyttöjärjestelmät I

Osoitemuunnospuskuri TLB

Osoitemuunnospuskuri TLB

- n Koska sivutaulu muistissa, jokaiseen muunnokseen näyttäisi liittyvän yksi ylimääräinen muistinouto
 - u hae sivutaulun alkio MMU:hun
 - u tee osoitemuunnos
 - u nouda / talleta ko. fyysiseen osoitteeseen
- n **Ratkaisu: osoitemuunnospuskuri TLB**
 - u Translation Lookaside Buffer
- n **MMU pitää tallessa edellisissä muunnoksissa tarvittut sivutaulun tiedot**
 - u paikallisuus: sitä tarvitaan het'kohta uudestaan
 - u sivutaulun alkioita ei tarvitse noutaa joka kerta

Etsintä TLB:stä

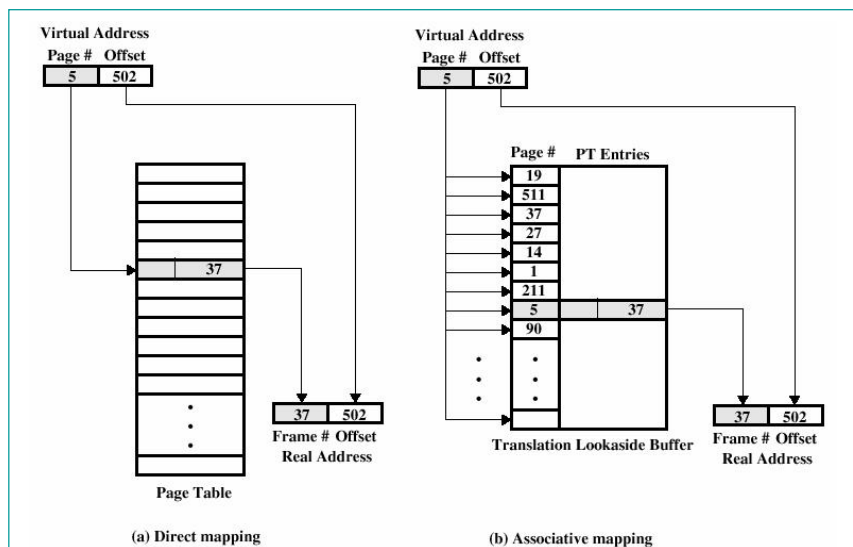
- n TLB nopeiden rekistereiden joukko
 - u esim. 32 rekisteriä
- n Käyttää assosiatiivista hakua
 - u vertailu kohdistuu kaikkiin alkioihin yhtäaikaan
 - u etsintä nopeaa
 - u laitetoiminto!
- n Kaikilla prosesseilla sivut 0, 1, 2, ..., mutta eri sivutiloissa
 - è TLB tyhjennettävä prosessin vaihdossa
- n TLB:n alkiossa (ainakin)
 - sivunro, sivutaulun alkio, validibitti V

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 21

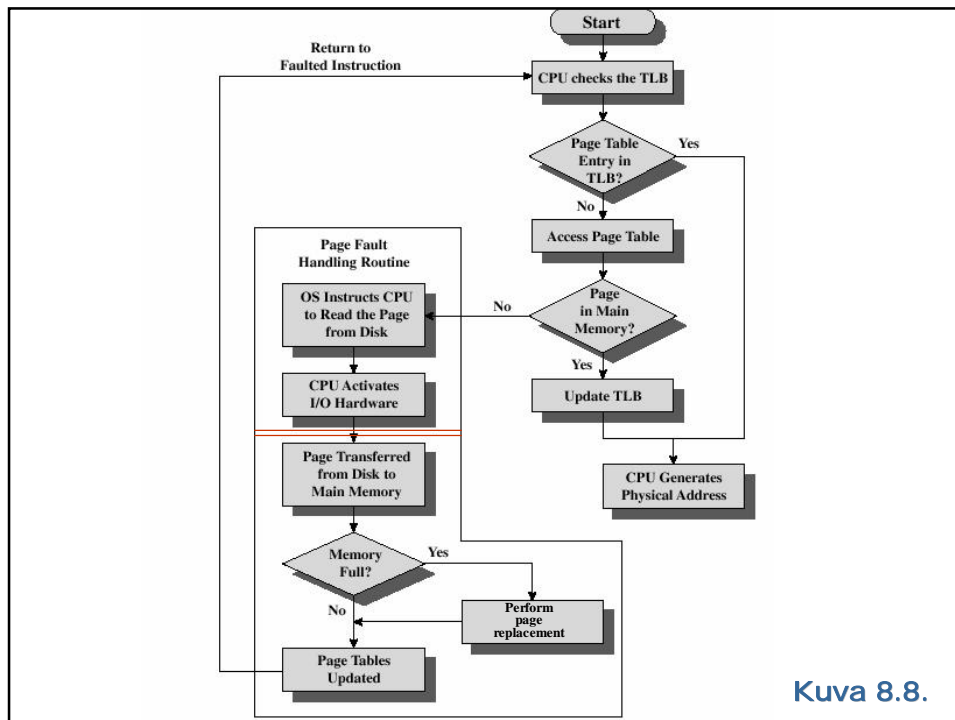
Etsintä TLB:stä

Kuva 8.9



KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 22



TLB ja osoitemuunnos

sivunro = loog. osoitteen alkubitit
 siirtymä = loog. osoitteen loppubitit

Jos sivun tiedot ei TLB:ssä tai $V=0$,
 nouda TLB:hen sivutaulun alkio
 osoitteesta $PTR + \text{sivunro}$

Jos $P=0$, aiheuta sivunpuutoskeskeytys

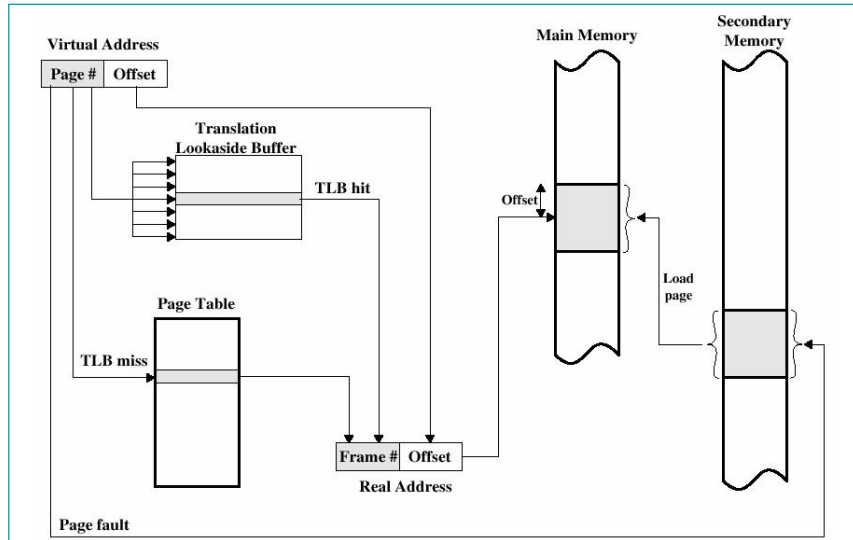
Fyys.os = $Katenoi(\text{Sivutilanro}, \text{Siirtymä})$

n Kun keskeytys käsitelty, sama osoite
 tulee viitattavaksi uudelleen

u Esim. PC:n kasvatus vasta osoitemuunnoksen jälkeen

TLB ja osoitemuunnos

Kuva 8.7



KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 25

TLB:n alustus

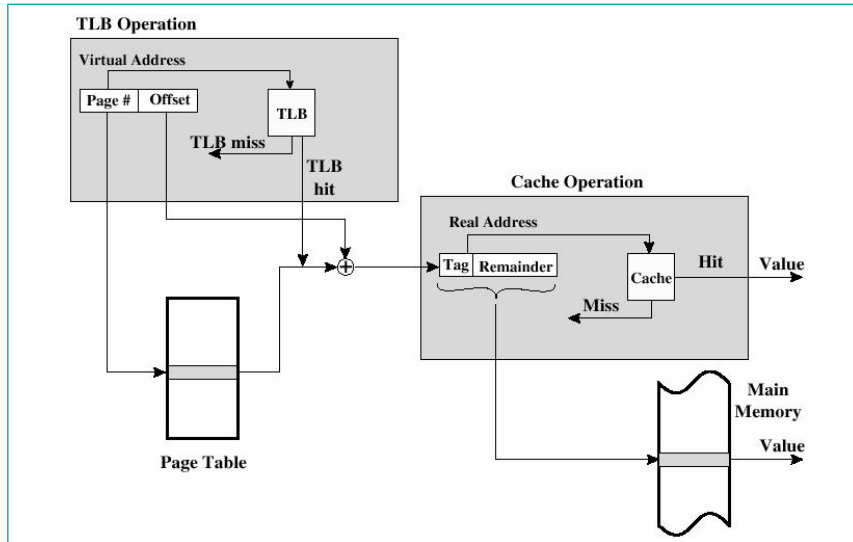
- n **Kun suoritettava prosessi vaihtuu, TLB:n vanha sisältö mitätöitävä**
 - u PTR osoittamaan uuden prosessin sivutauluun
 - u nollattava TLB:n alkioden validibitit $V=0$
- n **Koska TLB suhteellisen pieni, tarvitaan sopiva laitetason algoritmi, jonka perusteella valitaan korvattava alkio**
 - u TLB:n alkiossa mahd. myös laitetason viitelaskureita: poista se, jota ei ole aikoihin käytetty

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 26

TLB ja välimuisti

Kuva 8.10



Käyttöjärjestelmät I

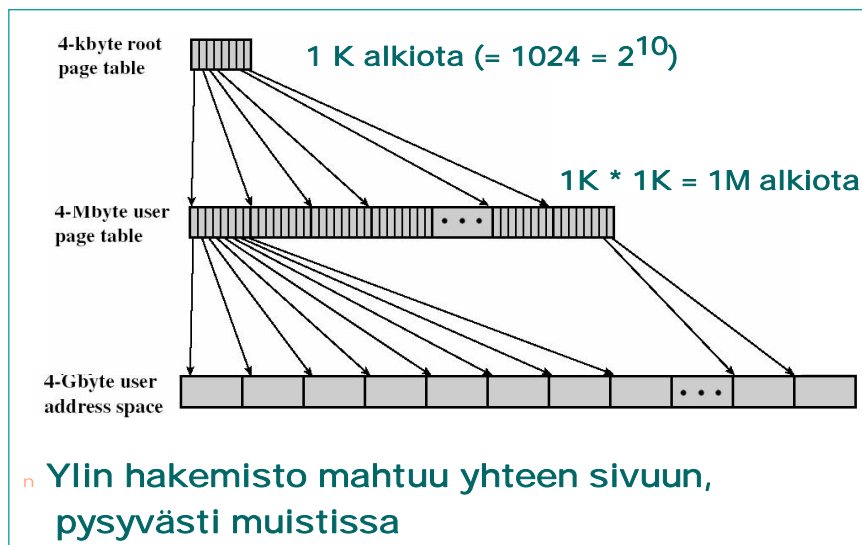
Lisää sivutauluista

Lisää sivutauluista

- n Monet järjestelmät sallivat suuren virtuaaliosoiteavaruuden
 - u looginen osoite esim. 32 tai 64 bittiä
- n Jokaisella prosessilla suuri sivutaulu
 - u jos 32-bittinen osoite ja sivukoko 4KB (12 bittiä), niin sivuja $2^{20} = 1\text{M}$ kappaletta
 - u jokainen alkio useita tavuja, esim. 4 B, joten sivutaulu 4 MB
- n Myös sivutaulu jaetaan sivuihin ja myös sivutaulun osia voidaan pitää levyllä
 - u riittää, kun suorituksessa olevaan osaan liittyvät sivut muistissa

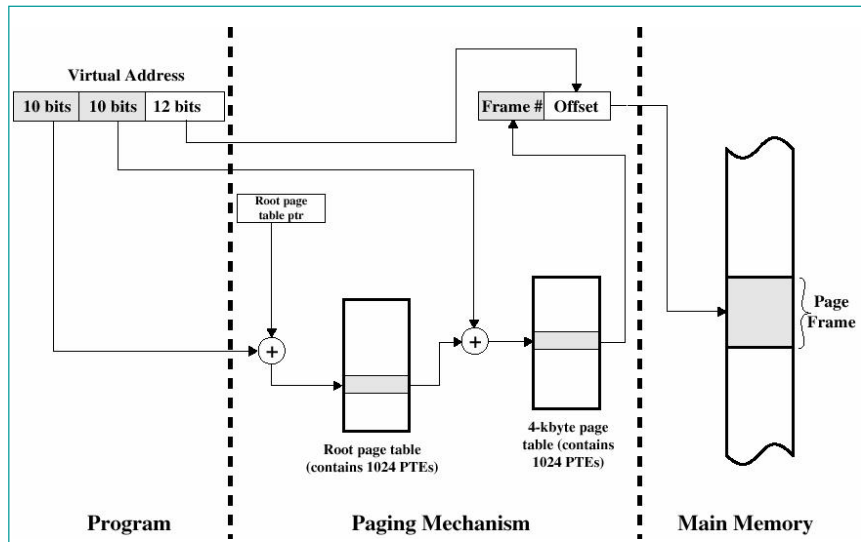
2-tasoinen sivutaulu

Kuva 8.4



2-tasoinen sivutaulu

Kuva 8.5



KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

6 - 31

Sopiva sivukoko?

- n **Laitteisto (MMU) määrää mitä sivukokoa KJ:n käytettävä**
 - u sivukoko aina 2:sen potenssi
 - F nopea osoitemuunnos
 - F katkaisu ja katenointi helppoa
- n **Mitä isommat sivut, sitä sivuja/prosessi**
 - u pienempi sivutaulu vie vähemmän tilaa
 - u ison sivutaulun osia useammin levyllä
 - F enemmän keskeytyksiä

KJ-I S2005 / Tiina Niklander; kalvot Auvo Häkkinen

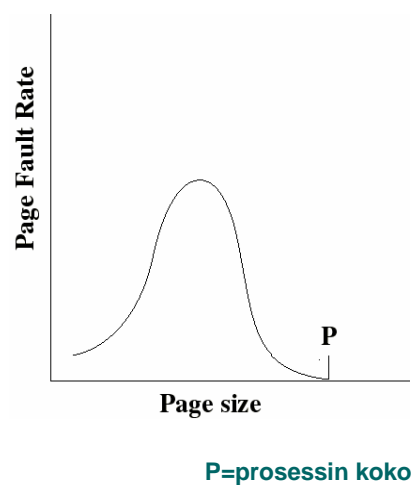
6 - 32

Sopiva sivukoko?

- n Pieni: aiheuttaa väh. sisäistä pirstoutumista
- n Iso: sisältää paljon esim. tarpeetonta koodia
- n Iso: saattaa sopia paremmin yhteen levysierrojen kanssa (lohkokoko)
 - u hakuvarren siirto ja pyörähdysviive syö paljon aikaa
- n Iso: viittaus useammin samalle sivulle
 - u TLB:n osumatodennäköisyys hyvä

Sivupuutosten määrä

- n Prosessille varatulle alueelle sopii enemmän pieniä sivuja kuin suuria
- n Pieneltä sivulta viite usein muille sivuille, muistiin valikoituu pian ne sivut joita käytetään paljon
 - è vähän sivupuutoksia
- n Tn. että isolta sivulta viitattu sivu muistissa pienempi
 - è paljon sivupuutoksia
- n Kun sivukoko lähestyy prosessin kokoa,
 - è vähän sivupuutoksia



Sivupuutosten määrä

n Paljonko sivutiloja per prosessi?

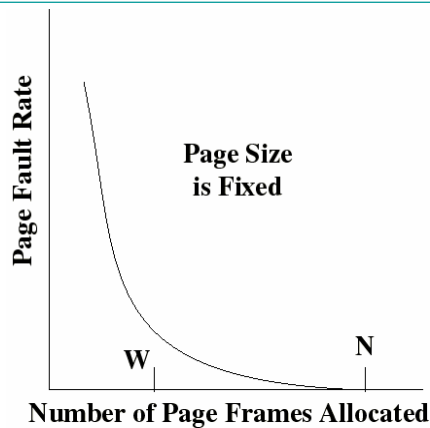
n Jos vähän sivutiloja, KJ heittää helposti pois sivun, jota tarvitaan pian uudelleen

è paljon sivupuutoksia

n Jos saa paljon, niin lähes kaikki sivut mahtuvat muistiin

è vähän sivupuutoksia

q lokaalit vs. globaalit algoritmit



W = working set size

N = total # of pages in process

Sopiva sivukoko?

n Yleisimmin käytetty sivukoko 4KB

u ks. myös taulukko 8.2

n Tämä ei sovellu kaikkiin tarpeisiin, eräät prosessorit sallivat useita sivukokoja

u Pentium sallii 2 kokoa: 4KB tai 4MB

u MIPS peräti 7 eri kokoa: 4KB ..16MB

n *Miten MMU tietää mitä kokoa käyttää?*

Table 8.2 Example Page Sizes

Computer	Page Size
Atlas	512 48-bit words
Honeywell-Multics	1024 36-bit word
IBM 370/XA and 370/ESA	4 Kbytes
VAX family	512 bytes
IBM AS/400	512 bytes
DEC Alpha	8 Kbytes
MIPS	4 kbytes to 16 Mbytes
UltraSPARC	8 Kbytes to 4 Mbytes
Pentium	4 Kbytes or 4 Mbytes
PowerPc	4 Kbytes
Itanium	4 Kbytes to 256 Mbytes

KJ-I S2005 / Tiina

6 - 37