Vuorotuksen algoritmien vertailua ja 1. periodin kertaus

Koealue: (Koe to 19.10 klo 9.00 CK112)
-Kirjan luvut 1-8 (paitsi 5.1 – 6.6)
-Luennot 1-12, harjoitukset 1-6
-Opintopiiritehtävät 1 ja 2

Menetelmien vertailua

- Miten? → Malli + Suorituskykyanalyysi
- Paljon liikkuvia osia:
  - Palveluaikojen jakauma
  - Vuorotuksen ja prosessin vaihdon yleisrasite
  - Prosessien palveluntarve (CPU vs I/O – sidonnaisuus)
  - Prosessien saapumisten jakauma
  - CPU:n ja I/O:n suorituskyky

Mallinnus

Mallinnus:
- **täsmälliset** käsitteiden määrittelyt
- oletukset järjestelmän ja ympäristön käyttäytymisestä
- tulosten tarkkuus?
- mallin validiteetin rajat?

Suorituskyvystä ei voi puhua määrittelemättä työkuormaa

Suorituskyky:

- oletettu/vaadittu kyky vastata tiettyihin palvelupyyntöihin
- järjestelmän käyttäytyminen verrattuna määrittelyyn (vallitsevaa kuormaa suorittaessaan)

Mallinnus

- Mallinnusprosessin tavoite
  - kuvauksien täsmällisyys
  - menetelmän arvioitavuus
  - kokeiden toistettavuus
- Mallin tavoite : oleellisen huomioonotto
  - järjestelmän toimintamekaniikan ymmärtäminen
    (mitä / miten / miksi ; syy-seuraussuhteet)
  - käyttökelpoisuus
    (laitteiston valinta, kapasiteetin suunnittelu, ohjauksen viritys, ...)
- Mallin ratkaisumenetelmät
  - mittaus
  - analyyttiset mallit
  - simulointimallit

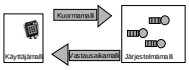
Mittaus

- Mallinnus
  - Mistä järjestelmän käyttäytymisestä ollaan kiinnostuneita?
  - Miten sitä voidaan mitata (suoraan tai epäsuorasti)?
  - Mitkä häiriötekijät on otettava huomioon?
- Järjestelmän instrumentointi
  - mittarien toteutus
  - mittarien häiriövaikutuksen arviointi
- Koesuunnittelu
  - kuorma
  - ajankohta, kesto
  - koetoistot
- Mittaustulosten validiteetti? Tulosten validiteetin rajat?

Simulointi

- Muodostetaan järjestelmää kuvaava toiminnallinen malli
  - komponentit
  - palveluaikajakaumat, saapumisväliaikajakaumat
  - töiden reititykset komponenttiverkon läpi
- Ohjelmoidaan simulaattori
  - haaste: verifiointi (toimiiko oikein?)
- Koesuunnittelu
  - koepisteiden määrittely: parametrien arvot kussakin pisteessä
  - kokeen määrittely: mittauksen kesto; koetoistojen määrä
- Simulointi: mittauskoe simulaattorin toiminnasta
- Haaste: validiteetti (mallintaako oikeaa järjestelmää?)

Analyyttinen malli



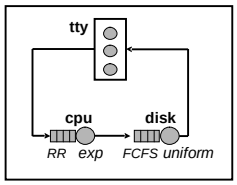
- Muodostetaan järjestelmää kuvaava matemaattinen malli
  - jonomalli
  - jonoverkkomalli
  - määrittelyt: yleensä todennäköisyysjakaumia
- Määritetään tai määritellään mallin parametrien arvot
- Lasketaan suorituskykysuureiden arvot
- Menetelmäpaletti laaja
  - koulumatematiikka
  - jonoteoria
  - tasapainoyhtälönratkaisu (jne.)
- Mallin validiteetti? Tulosten validiteetin rajat?

Menetelmän valinta

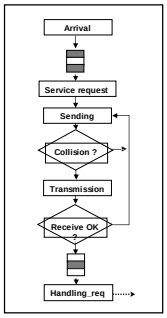
Kriteeri	Mittaus	Simulointi	Analyyttinen
Vaihe	proton jälkeen	milloin vain	milloin vain
Ajan tarve	vaihtelee	kohtalainen	pieni
Välineistö	"mittaristo"	ohjelmointikieli (*)	analyytikko
Tarkkuus (**)	vaihtelee	kohtalainen	karkea
"Entä jos ..."	vaikeaa	onnistuu	helppoa
Kustannus	korkea	kohtalainen	pieni
"Myytävyys"	korkea	kohtalainen	hankala

(*) ohjelmistotukea on olemassa
(**) aina mahdollista: tulokset ovat täysin virheellisiä

Mallin rakenne

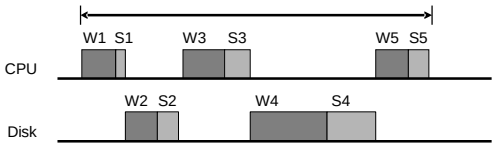


Abstrakti matemaattinen rakenne
(esim. laskentaa varten)



Yksityiskohtainen toimintakuvaus
(esim. simulointia varten)

Palvelijan vastausajan synty (1)



odotusaika

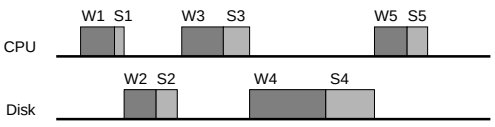
palveluaika

CPU :
palvelutarve $D_{cpu} = S1+S3+S5$
jonotusaika $Q_{cpu} = W1+W3+W5$
läpimenoaika $\mathbf{R_{cpu}} = D_{cpu}+Q_{cpu}$

DISK : $\mathbf{R_{dk}} = D_{dk}+Q_{dk}$

Vastausaika $\mathbf{R = R_{cpu} + R_{dk}}$

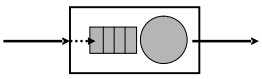
Palvelijan vastausajan synty (2)



$R = D_{cpu} + Q_{cpu} + D_{dk} + Q_{dk}$
$= D_{cpu} + D_{dk} + Q_{cpu} + Q_{dk}$

Kevyt kuorma => $R \sim R_0 = \Sigma D_i$
Kuorma kasvaa => kukin Q_i kasvaa (ylilineaarisesti)
Raskas kuorma => $R \sim \Sigma W_i$ (>> R_0)
Viritys/kasvatus: D_i pienenee =>
vaikutus riippuu laitteen i kuormituksesta

Asiakkaat jonossa - jonomalli



T mittausaika
A saapujien lkm
C poistujien lkm
B "busy time"

Operationaalinen jonomalli: kaikki suureet ovat mitattavissa

S = B/C keskimääräinen palveluaika

U = B/T käyttöaste

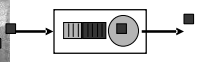
X = C/T suoritusteho, läpäisy

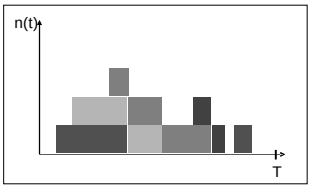
$\lambda = A/T \sim X$ saapumistiheys

$\mathbf{U = \lambda S}$

Käyttöastelaki U = XS

Littlen laki





Little: N = XR

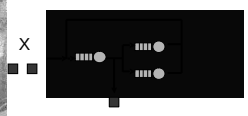
W = kokonaisoleskeluaika järjestelmässä (tumma alue)

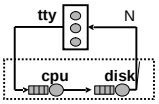
R = W / C keskimääräinen vastausaika
N = W / T keskimääräinen jonopituus (*)
X = C / T läpäisy
(*) Huom: ”jononpituus” sisältää myös palveltavan

Littlen laki: ”perustelu”

- Asiakas saapuu jonoon
  - jonon pituuden odotusarvo on N
- Asiakkaan ”läpimenoaika”
  - läpimenoajan odotusarvo on R
  - tänä aikana jonoon saapuu uusia asiakkaita XR
- Asiakas poistuu jonosta
  - jälkeen jäävän jonon pituuden odotusarvo on N
- => N = XR
- Littlen laki pätee myös ”varsinaiseen jonoon”

Avoin ja suljettu järjestelmä





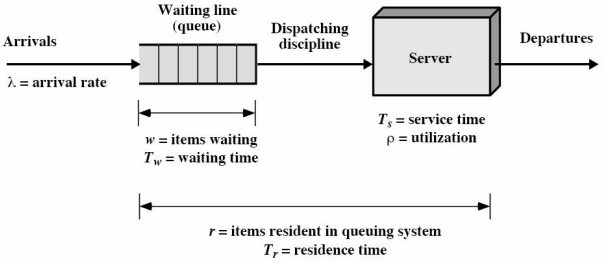
Avoin järjestelmä
- ”(ääretön) populaatio”
- asiakkaiden lkm vaihtelee
- saapumistiheys = poistumistiheys
- kysymys:
  - vastausajan käyttäytyminen
  - (käyttöaste?)

Suljettu järjestelmä
- kiinteä asiakasjoukko
- kysymys:
  - vastausajan käyttäytyminen
  - ”vuon” nopeus
  - (käyttöasteet?)

Jonomalli

Fig 9.23 [Stal05]

- Lisätietoja: http://WilliamStallings.com/StudentSupport.html

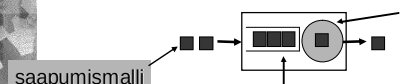


Jonomallin merkinnät

Table 9.8 Notation for Queuing Systems

λ	=	arrival rate; mean number of arrivals per second
T_s	=	mean service time for each arrival; amount of time being served, not counting time waiting in the queue
ρ	=	utilization; fraction of time facility (server or servers) is busy
w	=	mean number of items waiting to be served
T_w	=	mean waiting time (including items that have to wait and items with waiting time = 0)
r	=	mean number of items resident in system (waiting and being served)
T_r	=	mean residence time; time an item spends in system (waiting and being served)

Jonomallin rakenne



palvelumalli

saapumismalli

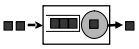
- saapumisväliaika-jakauma
- jonon koon vaikutus saapumiseen
- populaation koko
- ryhmäsaapumiset

skedulointi-algoritmi

- FCFS
- Round Robin
- prioriteetti
  - keskeytyvä
  - keskeytymätön

- palveluaika-jakauma
- palvelijaryhmä *(multiserver)*
- jonoton palvelija *(infinite server)*
- rajoitettu puskuri

Jonot: Kendallin notaatio



A / S / m / B / K / SD

A saapumisväliaikajakauma *(M, E_k, H_k, D, G, ...)*

S palveluaikajakauma *(M, E_k, H_k, D, G, ...)*

m palvelijoiden lukumäärä palvelupisteessä

B jonopuskurin koko

K populaation koko (asiakkaita maailmassa)

SD skedulointialgoritmi (service discipline)

Jonot: Kendallin notaatio (jatk)

A / S / m / B / K / SD

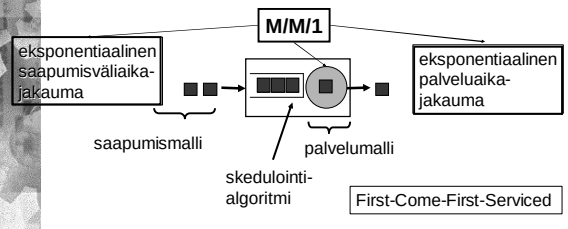
Jakaumamerkinnät

- M eksponentiaalijakauma
- Ek Erlangin jakauma
- Hk hypereksponentiaalinen
- D deterministinen (yksi mahdollinen arvo)
- G mielivaltainen jakauma (general)

Tavallisia jonomalleja:

M/M/1, M/M/m, M/M/m/B, M/G/1, M/D/1

Jonomallin ratkaisu



Järjestelmän tila: asiakkaiden lukumäärä
Mallin ratkaisu: järjestelmän tilojen todennäköisyydet

Esim: P(0)?, P(asiakkaiden lukumäärä > 10)?

Eskponentiaalinen jakauma

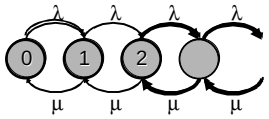
- Täysin satunnaisen tapahtuman todennäköisyys
- (Ainoa) oletus: P{tapahtuma sattuu välillä Δt} = $\lambda * \Delta t$

=>

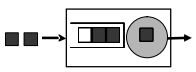
tiheysfunktio	$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$	t>0
kertymäfunktio	$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$	t>0
odotusarvo E(t)	$1/\lambda$	
hajonta	$1/\lambda$	

- Esimerkkejä:
  - riippumattomien saapumisten väliajan jakauma
  - satunnaisen eliniän jakauma

Jonon tilamalli (M/M/1)



$\lambda < \mu$



λ saapumistiheys
μ palvelutiheys

HUOM: ajasta riippumattomia!

$\rho = \lambda/\mu$ käyttöaste <1

$p_0, p_1, \ldots$?

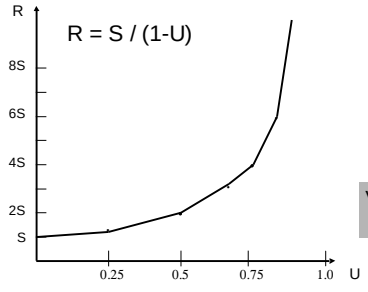
vuotasapainoehto:
poistumistiheys = saapumistiheys

0: $\lambda p_0 = \mu p_1$
1: $(\lambda+\mu)p_1 = \lambda p_0 + \mu p_2$
2: …

$p_0 = (1-\rho)$ => $\mathbf{p_n = \rho^n(1-\rho)}$

$p_1 = \lambda/\mu\ p_0 = \rho\ p_0$
$p_2 = \rho\ p_1 = \rho^2\ p_0$
….
$\mathbf{p_n = \rho^n\ p_0}$

Käyttöasteen vaikutus



U	R
0.5	2*S
0.75	4*S
0.875	8*S

Validiteettialue:
$\lambda < \mu$

Vuorotuksen mallinnus

- FCFS (tai FIFO) ja Round Robin mallinnettavissa, useimmat muut liian monimutkaisia mallinnettavaksi suljetulla analyyttisellä mallilla
- Mallinnetaan prioriteettiskedulointia seuraavasti:
  - Kaksi prioriteettiluokkaa, keskeyttävä moniajo
  - Luokilla on eri suoritusajat
  - Graafeissa lisäoletukset:
    - Saapumistiheys λ sama molemmissa luokissa
    - Alemman luokan suoritusaika = 5* ylemmän suoritusaika

Table 9.6 Formulas for Single-Server Queues with Two Priority Categories

Assumptions:
1. Poisson arrival rate.
2. Priority 1 items are serviced before priority 2 items.
3. First-in-first-out dispatching for items of equal priority.
4. No item is interrupted while being served.
5. No items leave the queue (lost calls delayed).

(a) General Formulas (no priority)

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2$$
$$\rho_1 = \lambda_1 T_{s1};\ \rho_2 = \lambda_2 T_{s2}$$
$$\rho = \rho_1 + \rho_2$$
$$T_s = \frac{\lambda_1}{\lambda} T_{s1} + \frac{\lambda_2}{\lambda} T_{s2}$$
$$T_r = \frac{\lambda_1}{\lambda} T_{r1} + \frac{\lambda_2}{\lambda} T_{r2}$$

HUOM:
Eri kaavat estävälle ja keskeyttävälle

b) No interrupts; exponential service times

$$T_{r1} = T_{s1} + \frac{\rho_1 T_{s1} + \rho_2 T_{s2}}{1-\rho_1}$$
$$T_{r2} = T_{s2} + \frac{T_s - T_{s1}}{1-\rho}$$

(priority)

(c) Preemptive-resume queuing discipline; exponential service times

$$T_{r1} = T_{s1} + \frac{\rho_1 T_{s1}}{1-\rho_1}$$
$$T_{r2} = T_{s2} + \frac{1}{1-\rho_1}\left(\rho_1 T_{s2} + \frac{\rho T_s}{1-\rho}\right)$$

(priority with preemption)

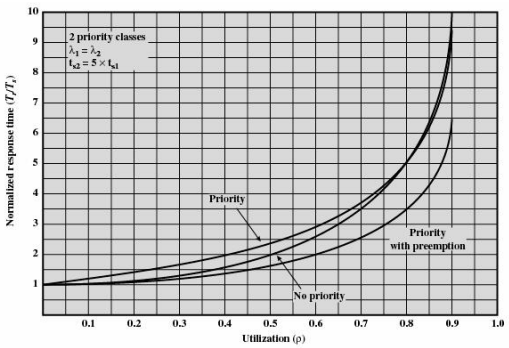


Figure 9.11 Overall Normalized Response Time

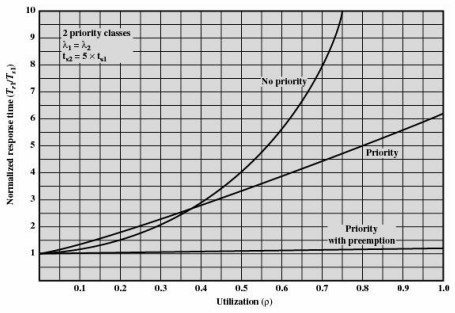


Figure 9.12 Normalized Response Time for Shorter Processes

Simulointiesimerkki

- HUOM: Simuloinnin tulokset pätevät vain kokeillulle kuormalle.
- Tässä esimerkissä:
  - Saapumistiheys λ ja
  - Palveluaika Ts satunnaistettuja:
  - Arvotaan kullekin prosessille erikseen!

$$50000\,prosessia$$
$$\lambda = 0.8$$
$$T_s = 1$$ Keskiarvoja!
$$\rho = \lambda T_s = 0.8$$

Tuloksia

Y-akseli on normalisoitu: Kokonaisaika on jaettu suoritusajalla

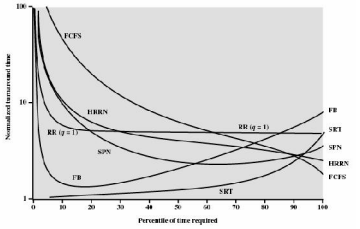


Figure 9.14 Simulation Results for Normalized Turnaround Time

- RR: pitkillä töillä vakiollinen käyttäytyminen (noin 5 kertaa suoritusaika)
- FCFS: noin 1/3 töistä (Lyhyimmät) yli 10-kertainen läpimeno suoritusaikaan nähden

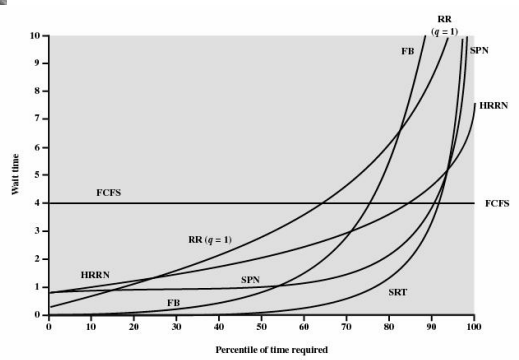


Figure 9.15 Simulation Results for Waiting Time

Kertaus

Tärkeitä asioita 1/2

- KJ:n perusrakenne
- Prosessi ja säie
  - Kuvaaja, suoritus, tilan ja kontekstin vaihto
- Muistinhallinta
  - MMUn rakenne
  - Eri menetelmät
    - Muistin varaukset, osoitteenmuunnos
- Virtuaalimuistimekanismi
  - Sivutuksen periaate, osoitteenmuunnos
  - PTR, Sivutaulu, osoitteenpuutoskeskeytys
  - Algoritmit ja politiikat

Tärkeitä asioita 2/2

- Paikallisuus
- Keskeytysmekanismi
- Moniajo
- Etuoikeutettu tila

Muita asioita

- UNIX, Linux, Windows
- KJ:n historia
- Synkronoinnin ja poissulkemisen mekanismit
- Välimuisti

- Käy läpi kirjan ”Review Questions”!
  - Jos osaat vastata kaikkiin hyvin, niin kokeessakin pitäisi pärjätä.
- Varmista, että osaat myös laskuharjoitustehtävät

Kertausta 0sa2: (vanhoja kalvoja)

Kerrosmalli

- Peruskäyttäjä näkee vain sovellukset
  - Niiden alla on varusohjelmia ja käyttöjärjestelmä
- Sovellusohjelmoija näkee ja käyttää palvelurajapintaa (esim. funktiokirjastona)
- Käyttöjärjestelmä hallinnoi laitteistoa sovellusten puolesta

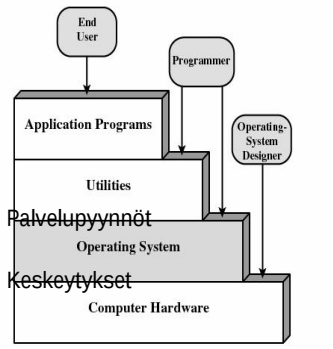


Figure 2.1 Layers and Views of a Computer System

Palvelupyynnöt

Keskeytykset

Keskeiset KJ:n osa-alueet

Käyttäjä

Sovellukset | Komentotulkki | Varusohjelmat

Palvelupyynnöt

PROSESSIEN HALLINTA | RESURSSIEN HALLINTA (laitekuvaajat)

suojaus

TIEDOSTOJÄRJESTELMÄ | MUISTINHALLINTA

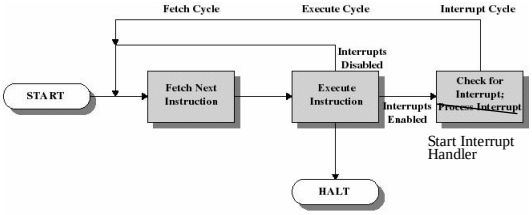
lohkot

SIIRRÄNTÄJÄRJESTELMÄ

Laiteajurit | Keskeytyskäsittely

Laiteohjaimet ja laitteet

Käskysykli (täydennetty) Kuva 1.7



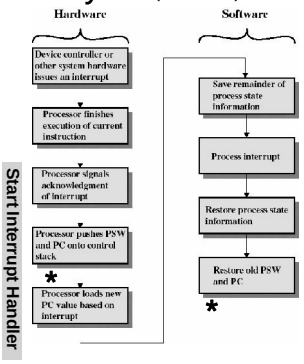
- Jos keskeytys sallittu, CPU tutkii tilarekisterin ennen seuraavan käskyn noutoa
- Jos keskeytys, suorita keskeytyskäsittelyn käskyt

Keskeytyskäsittely (kuva 1.10)

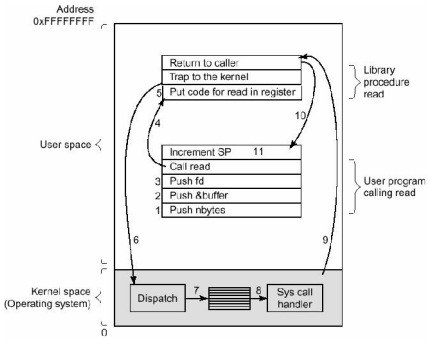
Kirja s. 21-25

*** Etuoikeutettu tila vs. käyttäjätila**

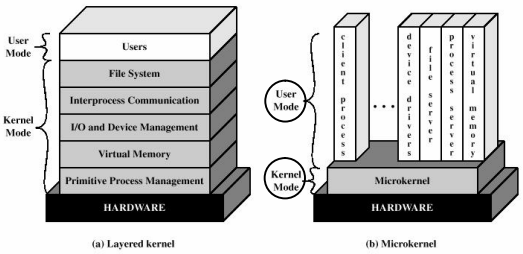
*** Keskeytysten esto vs. salliminen**



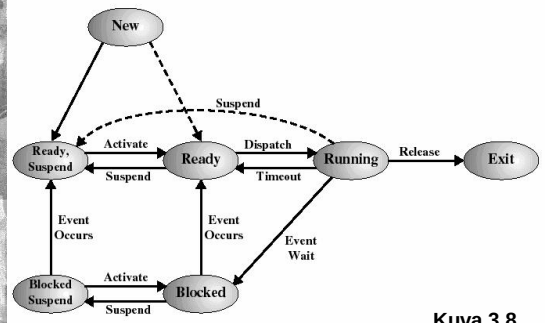
Palvelupyyntö: read(fd, buffer, nbytes) Tan01 1-17



KJ:n ydin (Fig 4.10 [Stal 05])

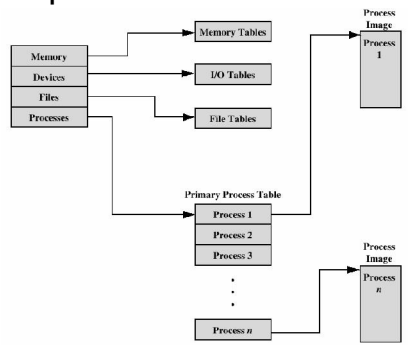


Prosessin tilakaavio (7 tilaa)

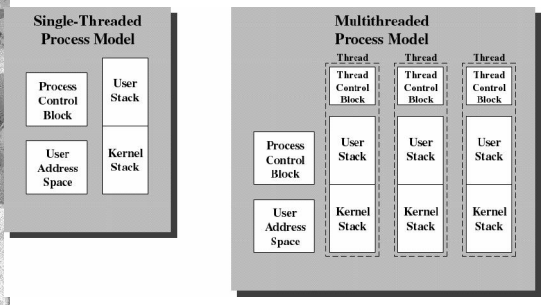


Kuva 3.8

KJ:n perustietorakenteita **Kuva 3.10**



Yksi säie vs. Monta säiettä



Säikeen kuvaaja TCB
tallealue rekistereille, prioriteetti, tila, …

Solaris

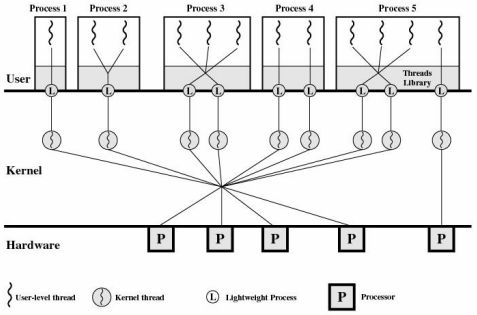
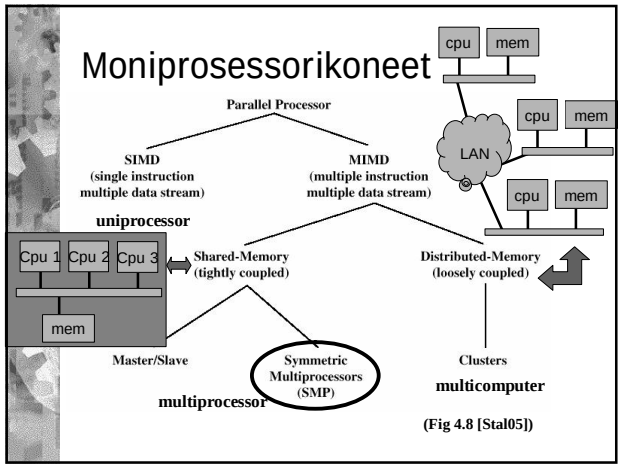


Figure 4.15 Solaris Multithreaded Architecture Example

Moniprosessorikoneet

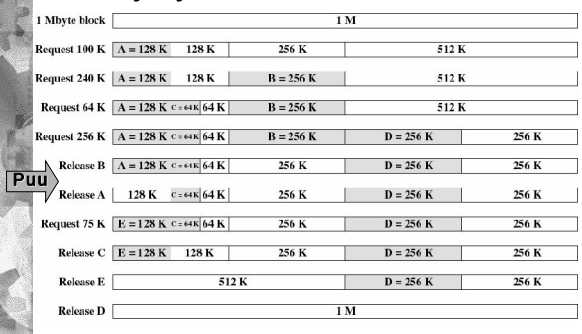


(Fig 4.8 [Stal05])

Yksinkertainen muistinhallinta

Menetelmä	kuvaus	vahvuudet	heikkoudet
Kiinteä partitio	**Muisti jaettu etukäteen osiin. Prosessi vain yhdessä osassa.**	**helppo toteutus**	**sisäinen pirstoutuminen maksimi prosessimäärä rajoitettu**
Dynaaminen partitio	**Muistia varataan tarpeen mukaan. Prosessi vain yhdessä osassa.**	**ei sis. pirst. par. muistin käyttöaste**	**ulkoinen pirstoutuminen, tiivistämistarve**
Buddy System	**Muistinvar. dyn., mutta kiinteänkokoisina osina. Prosessi vain yhdessä osassa.**	**ei juurikaan ulkoista pirstoutumis-ta**	**vähäinen sisäinen pirstoutuminen**
Yks. segmentointi	**Prosessi jaettu segmentteihin. Segm. sijoitettavissa vapaasti.**	**ei sis. pirst. par. muistin käyttöaste**	**ulkoinen pirstoutuminen**
Yks. sivutus	**Prosessi ja muisti jaettu sivuihin. Sij. vapaasti**	**ei ulk. pirst.**	**hyvin vähän sis. pirst. (vain viimeinen sivu)**

Buddy System: esimerkki



Kuva 7.6

2-tasoinen sivutaulu

- Ylin hakemisto mahtuu yhteen sivuun, aina muistissa

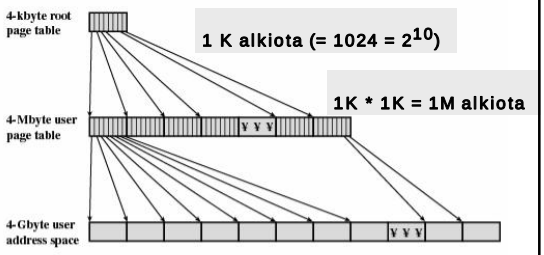
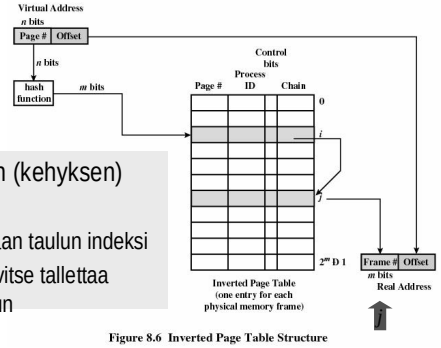


Figure 8.4 A Two-Level Hierarchical Page Table

Käänteinen sivutaulu v.2

5. ed

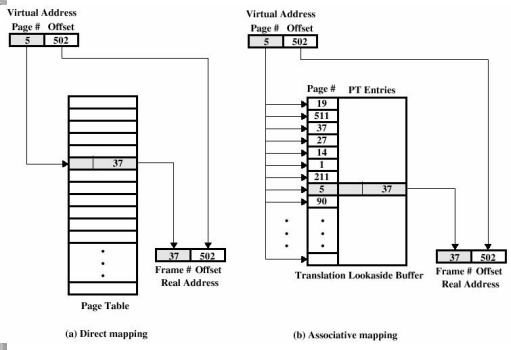


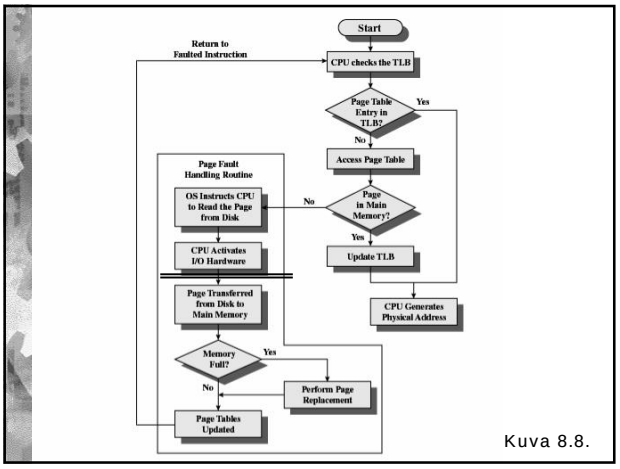
- Sivutilan (kehyksen) numero
  - Suoraan taulun indeksi
  - Ei tarvitse tallettaa tauluun

Figure 8.6 Inverted Page Table Structure

Etsintä TLB:stä

Kuva 8.9

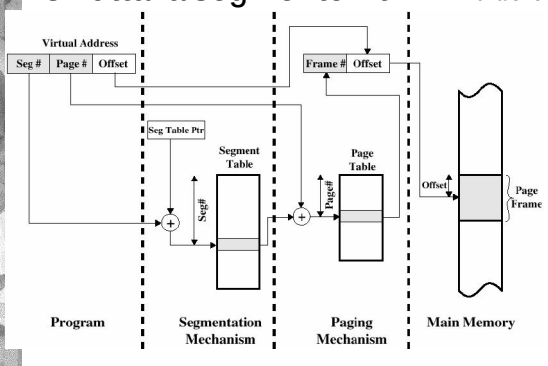




Kuva 8.8.

Sivuttava segmentointi

Kuva 8.13



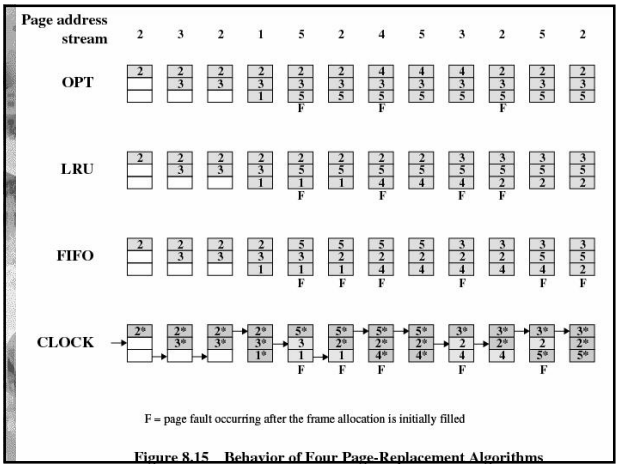
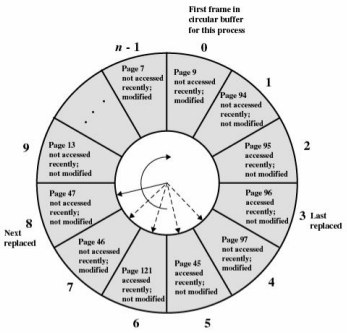


Figure 8.15 Behavior of Four Page-Replacement Algorithms

Clock-poistoalgoritmi

Fig 8.16 [Stal05]



Esimerkki: Käyttöjoukko

Fig 8.19 [Stal05]

Sequence of Page References	Window Size, Δ			
	2	3	4	5
24	24	24	24	24
15	24 15	24 15	24 15	24 15
18	15 18	24 15 18	24 15 18	24 15 18
23	18 23	15 18 23	24 15 18 23	24 15 18 23
24	23 24	18 23 24	•	•
17	24 17	23 24 17	18 23 24 17	15 18 23 24 17
18	17 18	24 17 18	•	18 23 24 17
24	18 24	•	24 17 18	•
18	•	18 24	•	24 17 18
17	18 17	24 18 17	•	•
17	17	18 17	•	•
15	17 15	17 15	18 17 15	24 18 17 15
24	15 24	17 15 24	17 15 24	•
17	24 17	•	•	17 15 24
24	•	24 17	•	•
18	24 18	17 24 18	17 24 18	15 17 24 18