

Käyttöjärjestelmät I

Luento 10: SIIRRÄNTÄ

Stallings, Luku 11.1-11.4

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

7 - 1

Sisältö

- **Yleistä**
 - ◆ I/O-laitteiden luokittelua, siirtonopeuksia
 - ◆ Siirränän perustekniikat
 - ◆ Siirränän kehittyminen
- **DMA-siirto**
- **Huomioita siirränästä**
 - ◆ mm. hierarkia
- **Puskurointi**
 - ◆ Lohkopuskurit

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 2

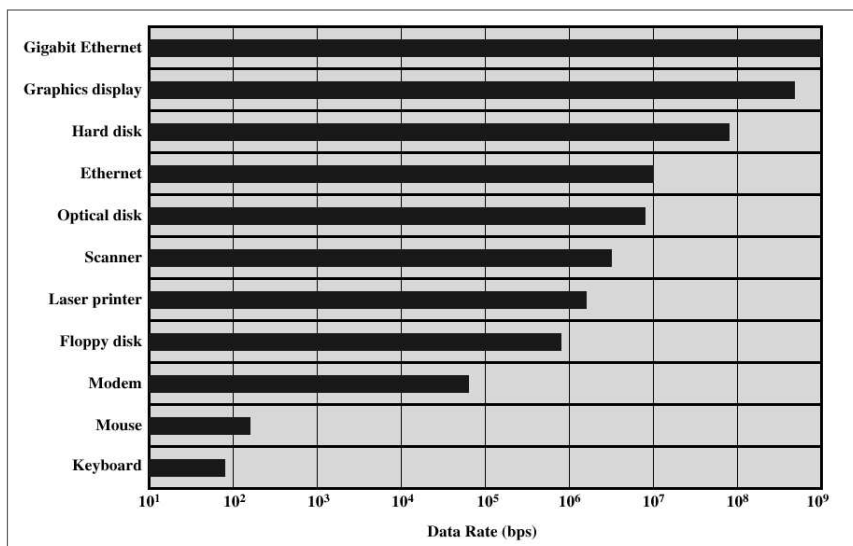
Käyttöjärjestelmät I

Yleistä siirrännästä

I/O-laitteiden luokittelua

- **Tieto esitettävä ihmisen / koneen luettavassa muodossa**
- **Syöttö- ja tulostus**
 - ◆ näyttö, näppäimistö, hiiri, kirjoitin, ...
 - ◆ sensori, skanneri, kamera, mikrofoni ...
- **Pysyvä tallennus**
 - ◆ levy, nauha, CD-ROM ...
- **Tiedonsiirto**
 - ◆ modeemi, verkkokortit, ...
- **Eroja nopeudessa, ohjaustarpeessa, siirtoyksiköissä, tiedon esittämisessä ja virhetilanteiden hallinnassa**

Siirtonopeuksia (teoreettisia) Kuva 11.1



KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

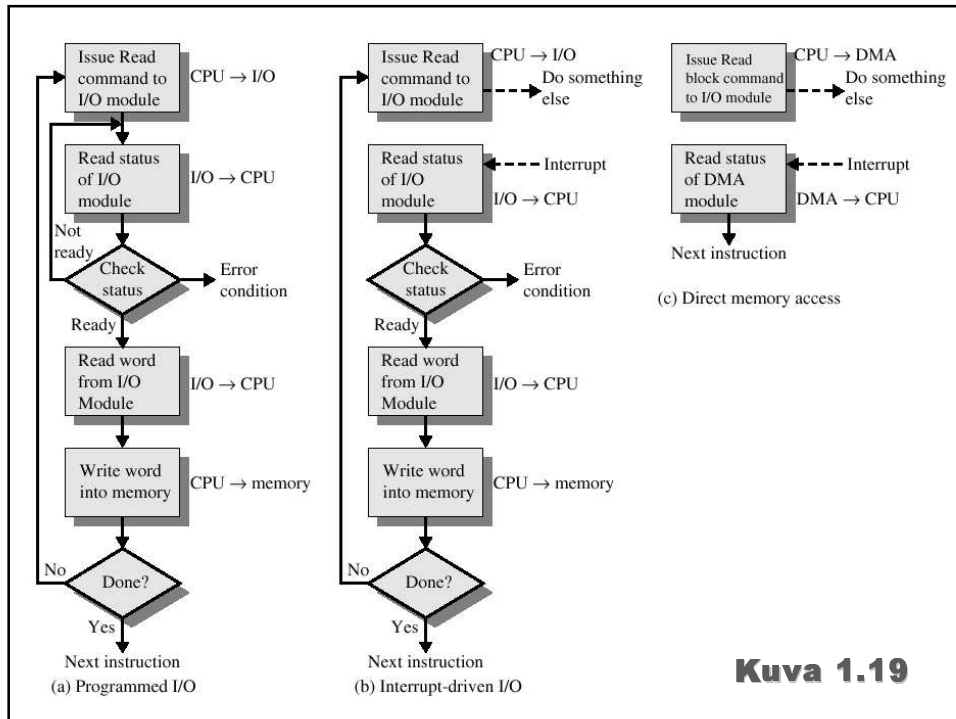
10 - 5

Siirrännän perustekniikat

- **Suora I/O (Programmed I/O)**
 - ◆ CPU tutkii toistuvasti ohjaimen statusrekisteristä onko siirto valmis (busy-wait)
- **Epäsuora I/O (Interrupt-driven I/O)**
 - ◆ CPU antaa siirtotehtävän ohjaimelle ja jatkaa suorittamalla muita prosesseja
 - ◆ ohjain keskeyttää, kun siirto valmis
 - ◆ CPU siirtää ohjaimen ja muistin välillä
- **DMA-siirto (Direct Memory Access)**
 - ◆ DMA-ohjain osaa siirtää muistin ja laitteen välillä
 - ◆ keskeytys vasta, kun koko siirto valmis

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 6



Siirrännän kehittyminen

1 CPU (=KJ) huolehtii laitteen ohjauksesta

2 Erillinen I/O-ohjain ohjaa yhtä tai useampaa laitetta, suora I/O

- ◆ CPU (=KJ) tarkkailee koko ajan statusrekisteriä
- ◆ Laitteen yksityiskohdat eivät enää KJ:n murheena

3 Ohjain oppii käyttämään keskeytystä

- ◆ CPU (=KJ) ei odottele aktiivisesti siirron valmistumista

4 Ohjain oppii siirtämään perille saakka = DMA

- ◆ CPU (=KJ) vain käynnistää siirron ja tarkistaa onnistumisen

Lue KJ = laiteajuri

Siirännän kehittyminen

5 Erillinen I/O-prosessori + DMA

- ◆ oma käskykanta
- ◆ suorittaa keskusmuistissa olevaa I/O-ohjelmaa
- ◆ CPU (=KJ) voi määritellä siirräntätehtävät monipuolisesti
- ◆ keskeytys, kun kaikki tehty

6 Erillinen I/O-prosessori + oma muisti + DMA

- ◆ ei käytä CPU-väylää I/O-ohjelmansa suorittamiseen
- ◆ esim. näytönohjaimella oma prosessori ja muistia
- **Yksityiskohdat siirretty KJ:ltä laitteistolle**
 - ◆ tehokas toteutus

Käyttöjärjestelmät I

DMA

Direct Memory Access

DMA-siirto

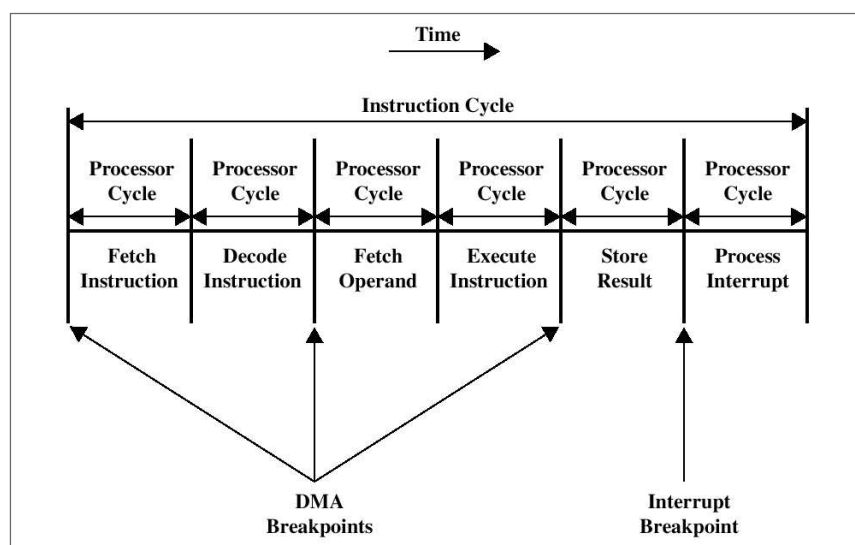
- **Ohjain osaa siirtää ison määrän tietoa suoraan laitteen ja keskusmuistin välillä**
 - ◆ Keskeytys vasta, kun koko siirto valmis
- **Käyttää muistiin viitatessa prosessoriväylää**
- **Kilpailu väylän varaamisesta**
 - ◆ ajoitus s.e. ei häiritse CPU \leftrightarrow MEM siirtoja
 - ☞ CPU tarvitsee väylää käskynoudossa, operandien noudossa ja tuloksen talletuksessa
 - ◆ välimuistin käyttö vähentää väylän käyttöä
- **Huom. väylän varaus laitetoiminto, ei aiheuta keskeytystä**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 11

DMA:n ajoitus

Kuva 11.3

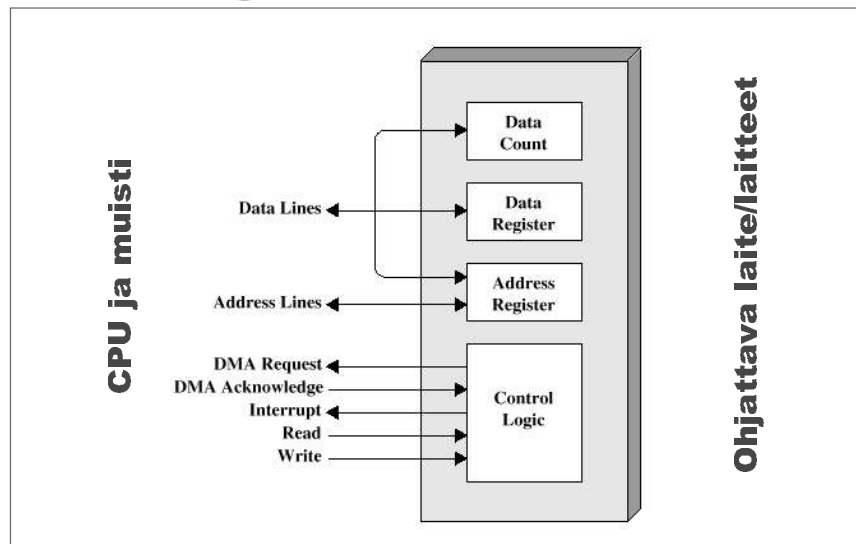


KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 12

DMA-ohjaimen rakenne

Kuva 11.1



KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 13

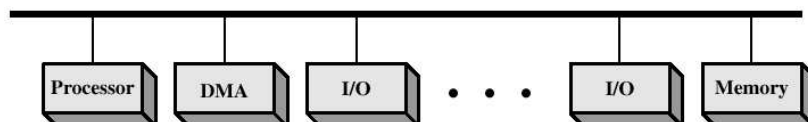
DMA

- **Käynnistys: KJ (ajuri) kertoo DMA-ohjaimelle**
 - ◆ suunta: read vai write
 - ◆ mitä I/O-laitetta siirto koskee (jos useita)
 - ↳ laiteosoite: esim. levynta, ura, sektori
 - ◆ montako tavua siirretään
 - ◆ keskusmuistialueen alkuosoite
- **Kun siirto valmis, KJ (ajuri) tarkastaa statuksen**
- **Proessoriväylän varaamisia voi vähentää**
 - ◆ integroimalla DMA-ohjaimen suoraan laiteohjaimen
 - ◆ kytkemällä I/O-laitteet omaan väyläänsä, jolloin niiden välinen siirto ilman CPU-väylän käyttöä

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 14

Erillinen DMA-ohjain



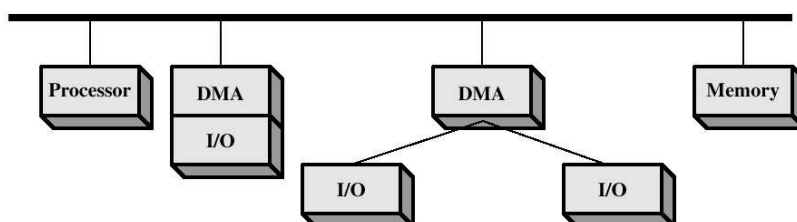
(a) Single-bus, detached DMA

- **Kaikki jakavat yhteisen väylän**
- **DMA-ohjain keskustelee myös laiteohjaimen kanssa käyttäen prosessoriväylää**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 15

DMA- ja laiteohjain yhdessä



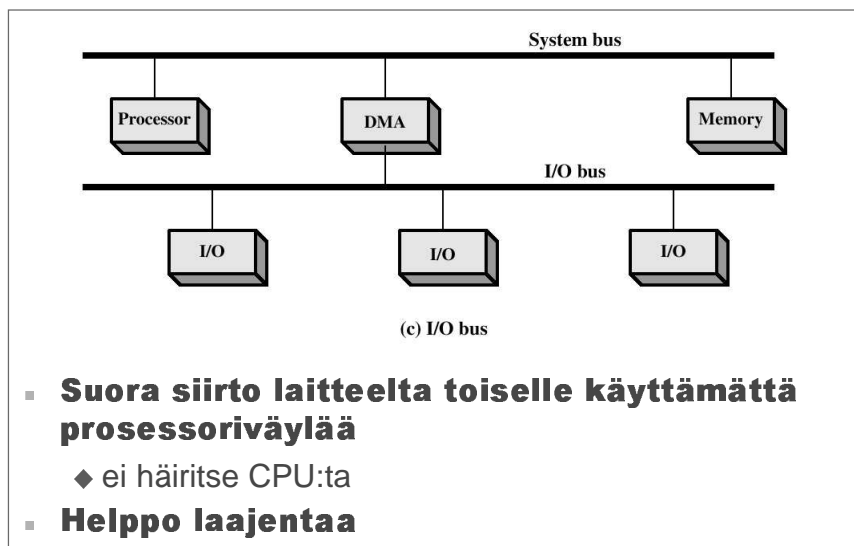
(b) Single-bus, Integrated DMA-I/O

- **DMA ei tarvitse prosessoriväylää keskustellessaan laiteohjaimen kanssa**
- **DMA-ohjain ohjaa yhtä tai useampaa laitetta**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 16

DMA ja erillinen I/O-väylä



KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 17

Käyttöjärjestelmät I

**Huomioita
siirränästä,
hierarkia**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 18

Huomioita siirrännästä

- **Siirräntä järjestelmän suurin pullonkaula**
- **Siirräntä oheislaitteille erittäin hidasta verrattuna CPU:n ja keskusmuistin välisiin siirtoihin (esim. levy ~ 1 : 1.000.000)**
- **Siirräntä ei pysy koskaan CPU:n vauhdissa**
 - ◆ prosessin odoteltava siirräntää
- **Moniajon ansiosta CPU voi suorittaa odotusaikana muita prosesseja**
- **Myös KJ:n tekemä sivutus ja heittovaihto aiheuttaa siirräntää**

Huomioita siirrännästä

- **Levysiirto tärkein tehostettava kohde**
 - ◆ **puskurointi**
 - ☞ siirrä kerralla enemmän (levylohko)
 - ☞ lohkopuskurit (block cache) eli levyvälimuisti (disk cache)
 - ◆ **ennaltanouto**
 - ☞ tdsto käsitellään yleensä peräkkäisjärjestyksessä
 - ◆ **pyyntöjen uudelleenjärjestely**
 - ☞ minimoi hakuvarren siirrot
 - ☞ pyynnöt jonottavat ajurin jonossa

Huomioita siirrännästä

- **Siirrännän toteutus yhdenmukaisesti**
 - ◆ kaikille laitteille samanlainen liitäntä prosessien sekä KJ:n ylimpien tasojen suuntaan
 - ◆ myös laitteita käsitellään tdstojärjestelmän kautta (laitetdstot)
- **Sovelluksen käyttöön yhdenmukaiset operaatiot kaikille laitteille**
 - ◆ open(), close(), read(), write(), lock(), unlock() ...
 - ◆ kaikki eivät mielekkäitä kaikille laitteille
- **Eroavat yksityiskohdat alemmille tasoille**
 - ◆ loogisen nimen liittäminen fyysiseen laitteeseen
 - ☞ tdsto vs. kirjoitin
 - ◆ välitasoilla esim. puskurointi ja tiedonsiirron protokollat
 - ◆ alimpana varsinaiset laiteajurit
 - ☞ ohjaavat laiteohjaimen avulla laitetta

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

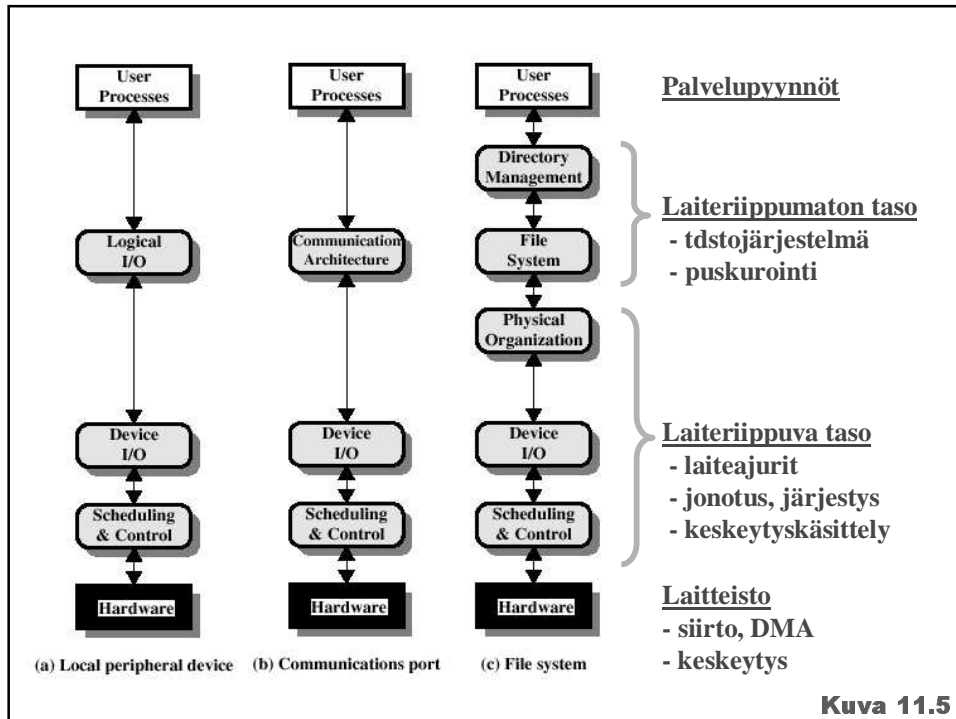
10 - 21

Siirrännän hierarkia

- **Looginen I/O (laiteriippumaton I/O)**
 - ◆ prosessi käyttää esim. tdston loogista nimeä
 - ◆ tdston rakenne = jono peräkkäisiä tavuja
 - ◆ operaatiot: open(), close(), read(), write(), ...
- **Välitasoilla mm. puskurointi yms.**
 - ◆ loogisen I/O:n ja fyysisen I/O:n yksiköt erilaisia
 - ☞ lue tavu vs. siirrä levylohko
 - ◆ tarkista käyttöoikeudet
 - ◆ lohkonumero ⇔ levypinta, ura, sektori
 - ◆ pyyntöjen järjestely (hakuvarren siirtojen minimointi)
- **Fyysinen I/O**
 - ◆ siirrä hakuvartta, DMA ...

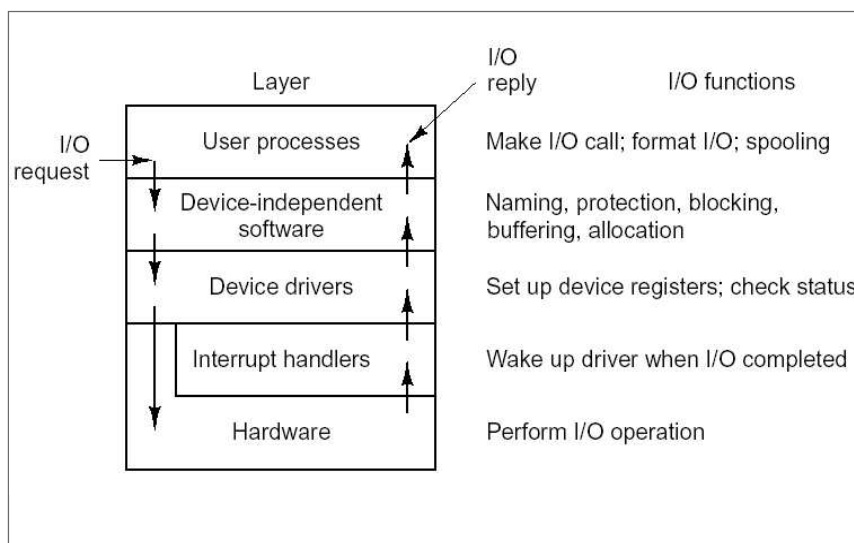
KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 22



Siirränän hierarkia

Tan01 Kuva 5-16



Laiteajurit

- **Erityyppisille laitteille omat ajurinsa**
- **Etsi ajuri laitenumeron perusteella laitekuvaajalistasta**
 - ◆ siirtoa käynnistettäessä
 - ◆ siirron päättyessä (keskeytys!)
- **Laitekuvaaja**
 - ◆ laitteen tunnistus, device id
 - ◆ tilatietoa, kenelle laite varattu
 - ◆ mitä ajuria käyttää
 - ◆ mitä ajurin funktiota (handler) kutsuttava missäkin tilanteessa
 - open(), read(), write(), close() ..., keskeytys
 - ◆ jono pyynnöistä parametreineen
 - mm. linkki pyynnön tehneen prosessin PCB:hen

Käyttöjärjestelmät I

Puskurointi

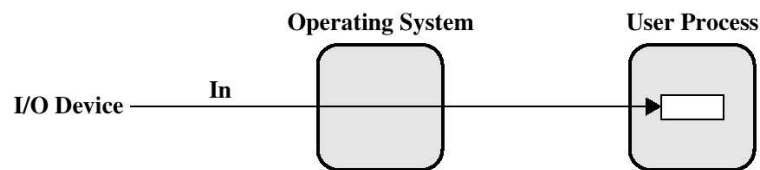
Siirännän puskurointi

- **Tarve**
 - ◆ Prosessi odottaa Blocked-tilassa siirron valmistumista
 - ◆ Alue, jonne siirretään oltava silti muistissa
- **Lohkoperustainen**
 - ◆ Levyt, nauhat
 - ◆ kirjanpito vapaasta / varatusta tilasta lohkoittain
 - ◆ siirto laitteen ja muistin välillä lohko kerrallaan
 - ◆ hajakäsittely mahdollista (nauha?)
- **Tavuperustainen**
 - ◆ pääteyhteys, kirjoitin, hiiri, tiedonsiirtolinja, ...
 - ◆ tiedon käsittely tavu kerrallaan
 - ◆ vain peräkkäiskäsittely

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 27

Ei puskurointia



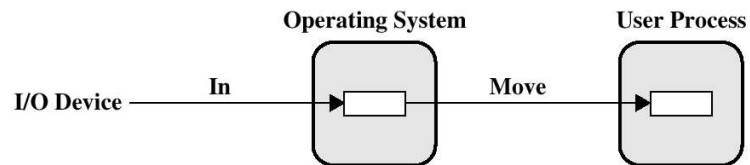
(a) No buffering

- **Siirto suoraan prosessin alueelle!**
 - ◆ Prosessin muistialuetta ei voi heittovaihtaa (lukittava!)
- **Tieto käsiteltävä samankokoisina yksikköinä prosessissa ja laitteella**
- **Käyttöä esim. reaaliaikajärjestelmissä**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 28

Yksi puskuri



(b) Single buffering

- **Ohjain siirtää tiedon KJ:n puskuriin**
- **KJ siirtää ohjelman alueelle (=muuttujaan)**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 29

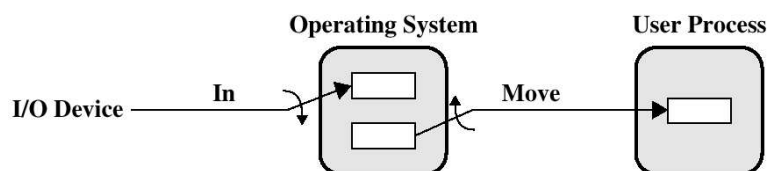
Yksi puskuri

- **Ennaltanouto (read-ahead)**
 - ◆ KJ voi täyttää puskurin etukäteen
 - ◆ koska peräkkäiskäsittely yleisintä
- **Viivästetty kirjoitus (delayed write)**
 - ◆ prosessin kirjoittama data kootaan puskuriin
 - ◆ laitteelle vasta, kun puskuri täysi, tai kun prosessi sulkee laitteen (viim. lohko voi olla vajaa)
- **Prosessin voi heittovaihtaa kokonaan**
 - ◆ siirräntä käyttää aina KJ:n aluetta
- **Sopii sekä lohko- että tavuperustaiseen käyttötapaan**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 30

Kaksoispuskurointi



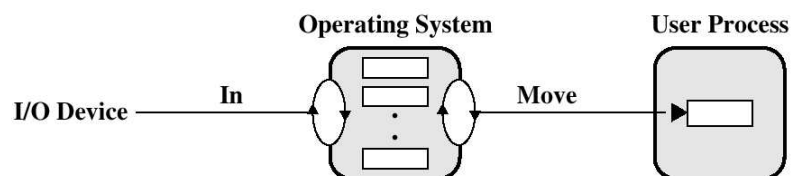
(c) Double buffering

- **Kun prosessi käsittelee toisessa puskurissa olevaa tietoa, ohjain lukee toiseen**
- **Kun ohjain kirjoittaa puskurista laitteelle, prosessi voi täyttää toista puskuria**
- **Tuottaja - puskur - kuluttaja -> synkronointi**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 31

Puskurien käyttö renkaana



(d) Circular buffering

- **Jos tuottajan ja kuluttajan nopeudessa satunnaisia eroja, useamman kuin kahden puskurin käytöstä voi olla hyötyä**
- **esim. verkkoyhteydet**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 32

Lohkopuskurit (block cache)

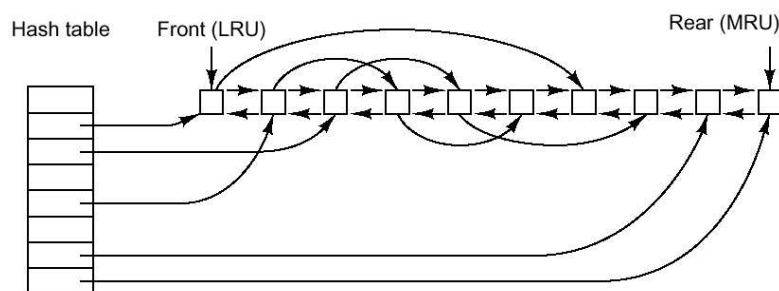
- **myös nimellä levyvälimuisti** (disk cache)
- **KJ:n ylläpitämät puskurit levylohkoja varten**
 - ◆ jos viitattu lohko muistissa, ei noutoa levytä
 - ◆ jokainen prosessin I/O-pyyntö ei aiheuta levytoimintoa
- **Tasaa erot käsiteltävän yksikön koossa**
 - ◆ ohjelma lukee / kirjoittaa tavuja
 - ◆ ajuri lukee / kirjoittaa lohkoja (esim. 1024 B)
 - ◆ KJ ylläpitää luku / kirjoituspositiota
- **Paikallisuus**
 - ◆ tdsto käydään läpi yl. peräkkäisjärjestyksessä, joten seuraava viite tulee tn. samaan lohkoon
- **Ennaltanouto**
 - ◆ kun tdsto avataan, ens. lohko heti lohkopuskuriin
 - ◆ seuraavan nouto, kun edellinen käsitelty (tai ennakoiden)

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 33

UNIX: Lohkopuskuri

Tan01 6-27



- **Tunnussolmu**
 - laite#, lohko#, linkkejä, Modified, Free
- **Puskurit kokonaisina erillisellä alueella**
 - tunnussolmussa viite varsinaiseen puskuriin
- **Hajautustaulu etsinnän nopeuttamiseksi**
 - avaimena laite#, lohko#

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 34

Poistoalgoritmi

- **Puskureissa tilaa rajallisesti**
- **Kun ei enää tilaa uusille, poistettava joku**
- **Samat ongelmat kaikessa puskuroinnissa**
 - ◆ TLB: mikä alkio korvataan?
 - ◆ Välimuisti: mikä muistilohko korvataan?
 - ◆ Virtuaalimuisti: mikä sivutila / segmentti korvataan?
 - ◆ Levypuskuri: mikä levylohko korvataan?
- **Jos poistettava muuttunut, se täytyy kirjoittaa takaisin alkuperäiseen paikkaansa**

Kertauskysymyksiä

- **Miten siirräntälaitteet on tapana luokitella?**
- **Selitä siirräntän perustekniikoiden eroja!**
- **Selitä siirräntän toteutuksen hierarkista rakennetta!**
- **Mitä hyötyä hierarkiasta?**
- **Miksi KJ:n kannattaa puskuroida siirrettäviä tietoja?**
- **Miksi lohkopuskureita?**