

## Käyttöjärjestelmät I

### Luento 10: SIIRRÄNTÄ

Stallings, Luku 11.1-11.4

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 2

## Sisältö

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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 2

## Käyttöjärjestelmät I

### Yleistä siirränstä

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 3

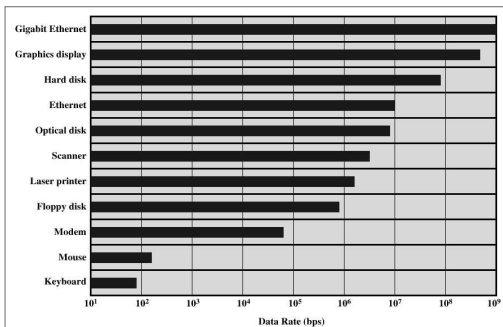
## I/O-laitteiden luokittelua

- **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**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 4

## Siirtonopeuksia (teoreettisia) Kuva 11.1



KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

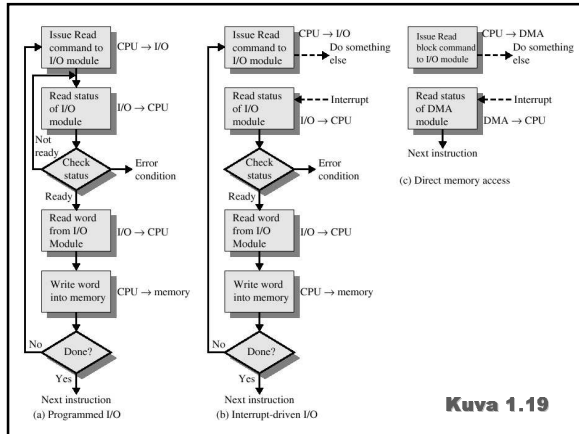
10 - 5

## Siirrän 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



## Siirännän 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 odotele aktivisesti siirron valmistumista

### 4 Ohjain oppii siirtämään perille saakka = DMA

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

Lue KJ = laiteajuri

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 8

## Siirännän kehittyminen

### 5 Erillinen I/O-prosessori + DMA

- ◆ oma käskykanta
- ◆ suorittaa keskusmuistissa olevaa I/O-ohjelmaa
- ◆ CPU (=KJ) voi määrittellä 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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 9

## Käyttöjärjestelmät I

### DMA

### Direct Memory Access

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 10

## DMA-siirto

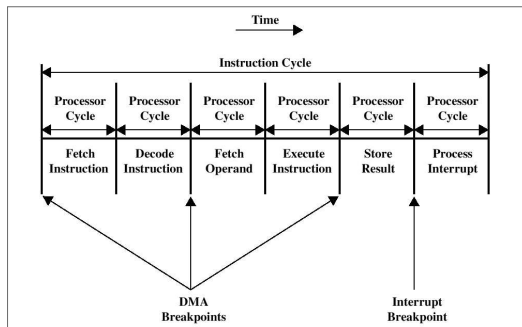
- Ohjain osaa siirtää ison määrän tietoa suoraan laitteen ja keskusmuistin välillä
  - ◆ Keskeytys vasta, kun koko siirto valmis
- Käyttää muistiin viitatessa prosessoriväylää
- Kilpailu väylän varaamisesta
  - ◆ ajoitus s.e. ei häiritse CPU ↔ MEM siirtoja
    - ⇒ CPU tarvitsee väylää käskynoudossa,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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 11

## DMA:n ajoitus

Kuva 11.3

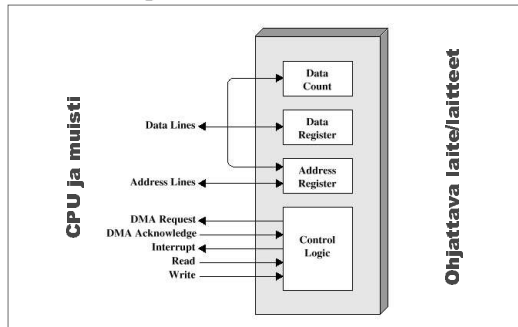


KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

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**

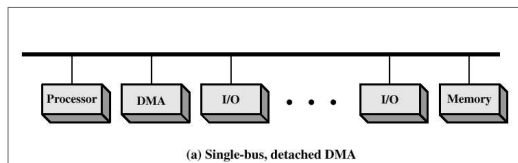
- **Proessoriväylän varaamista voi vähentää**

- ◆ 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



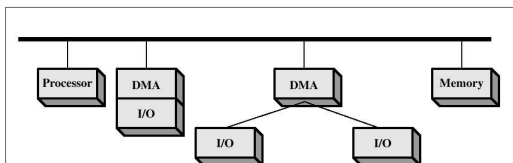
(a) Single-bus, detached DMA

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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 15

## DMA- ja laiteohjain yhdessä



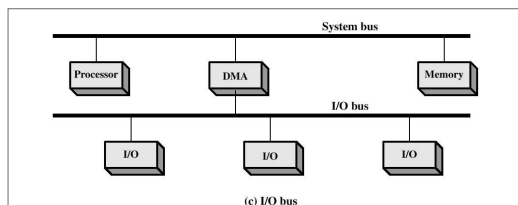
(b) Single-bus, Integrated DMA-I/O

- **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



(c) I/O bus

- **Suora siirto laitteelta toiselle käyttämättä prosessoriväylää**
  - ◆ ei häiritse CPU:ta
- **Helppo laajentaa**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 17

## Käyttöjärjestelmät I

**Huomioita  
siirrännästä,  
hierarkia**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 18

## Huomioita siirrännästä

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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 19

## 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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 20

## 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. puskuointi ja tiedonsiirron protokollat
  - ◆ alimpana varsinaiset laiteajurit
    - ohjaavat laiteohjaimen avulla laitetta

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

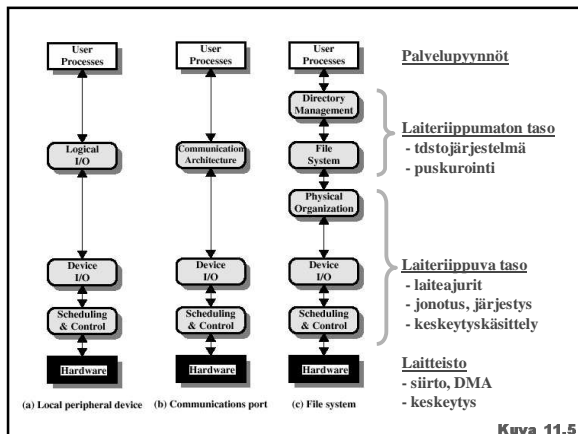
10 - 21

## 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. puskuointi 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 ...

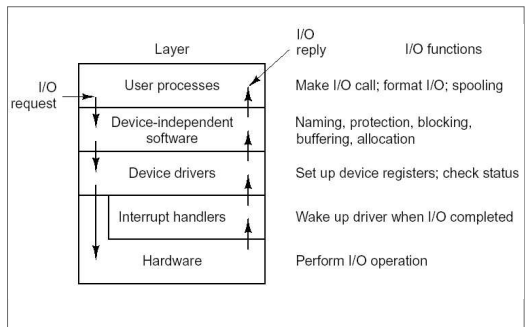
KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 22



## Siirrännän hierarkia

Tan01 Kuva 5-16



KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 24

## 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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 25

## Käyttöjärjestelmät I

### Puskurointi

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 26

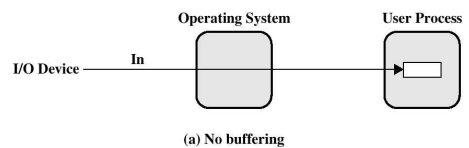
## Siirränän puskurointi

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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 27

## Ei puskurointia

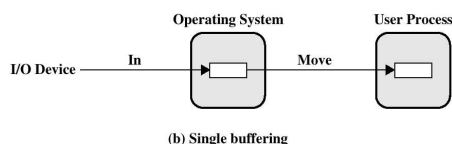


- **Siirto suoraan prosessin alueelle**
  - ◆ Prosessin muistialuetta ei voi heittovaihtaa (lukittava!)
- **Tieto käsiteltävä samankokoisina yksikköinä prosessissa ja laitteella**
- **Käyttöä esim. reaaliaikajärjestelmissä**

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 28

## Yksi puskuri



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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 29

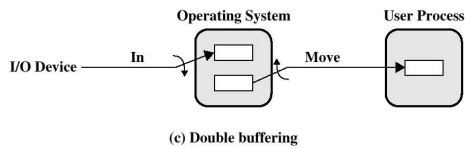
## Yksi puskuri

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

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 30

## Kaksoispuskurointi

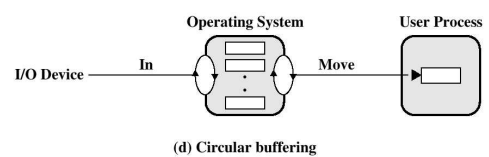


- Kun prosessi käsittelee toisessa puskurissa olevaa tietoa, ohjain lukee toiseen
- Kun ohjain kirjoittaa puskurista laitteelle, prosessi voi täyttää toista puskuria
- Tuottaja - puskurit - kuluttaja -> synkronointi

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 31

## Puskurien käyttö renkaana



- 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)

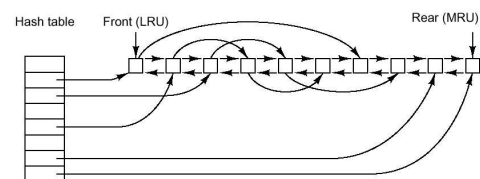
- myös nimellä levyvälimuisti (disk cache)
- KJ:n ylläpitämät puskurit levyloikkoja varten
  - ♦ jos viitattu lohko muistissa, ei noutoa levyiltä
  - ♦ jokainen prosessin I/O-pyyntö ei aiheuta levytoimintoa
- Tasaa erot käsiteltävän yksikön koossa
  - ♦ ohjelma lukee / kirjoittaa tavuja
  - ♦ ajuri lukee / kirjoittaa lohkoja (esim. 1024 B)
  - ♦ KJ ylläpitää luku / kirjoituspositiota
- Paikallisuus
  - ♦ tdstoa 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 ennakkoiden)

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 33

## UNIX: Lohkopuskuri

Tan01 6-27



- Tunnusolmu
  - laite#, lohko#, linkkejä, Modified, Free
- Puskurit kokonaisina erillisellä alueella tunnusolmussa viite varsinaiseen puskurisiin
- Hajautustaulu etsinnän nopeuttamiseksi
  - avaimena laite#, lohko#

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 34

## Poistoalgoritmi

- Puskuureissa tilaa rajallisesti
- Kun ei enää tilaa uusille, poistettava joku
- Samat ongelmat kaikessa puskuroidinnissa
  - ♦ TLB: mikä alkio korvataan?
  - ♦ Välimuisti: mikä muistilohko korvataan?
  - ♦ Virtuaalimuisti: mikä sivutila / segmentti korvataan?
  - ♦ Levypuskuri: mikä levyloikko korvataan?
- Jos poistettava muuttunut, se täytyy kirjoittaa takaisin alkuperäiseen paikkaansa

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 35

## 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?

KJ-I S2004 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

10 - 36