



 HELSINGIN YLIOPISTO

 HELSINGFORS UNIVERSITET

 UNIVERSITY OF HELSINKI

Käyttöjärjestelmät I

Oso 3: Siirräntä ja tiedostojärjestelmä

Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

 Tietojenkäsittelytieteen laitos

 Helsingin yliopisto

Käyttöjärjestelmät I

Luento 8: SIIRRÄNTÄ

Stallings, Luku 11.1-11.4

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen 10 - 2

Sisältö

- n **Yleistä**
 - u I/O-laitteiden luokittelua, siirtonopeuksia
 - u Siirräntän perustekniikat
 - u Siirräntän kehittyminen
- n **DMA-siirto**
- n **Huomioita siirräntästä**
 - u mm. hierarkia
- n **Puskurointi**
 - u Lohkopuskurit

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen 8 - 3

Käyttöjärjestelmät I

Yleistä siirräntästä

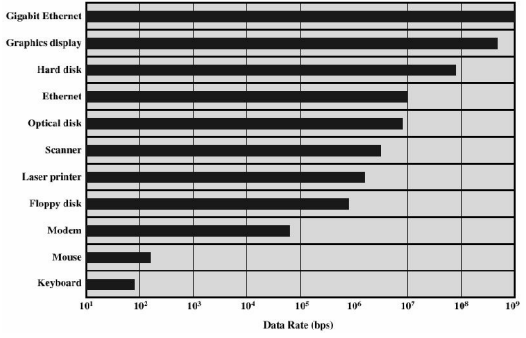
KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen 8 - 4

I/O-laitteiden luokittelua

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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen 8 - 5

Siirtonopeuksia (teoreettisia) Kuva 11.1



Device	Approximate Data Rate (bps)
Gigabit Ethernet	10 ⁹
Graphics display	~10 ⁸
Hard disk	~10 ⁷
Ethernet	~10 ⁷
Optical disk	~10 ⁶
Scanner	~10 ⁶
Laser printer	~10 ⁵
Floppy disk	~10 ⁵
Modem	~10 ⁴
Mouse	~10 ³
Keyboard	~10 ²

Data Rate (bps)

HUOM: Logaritminen astelkko

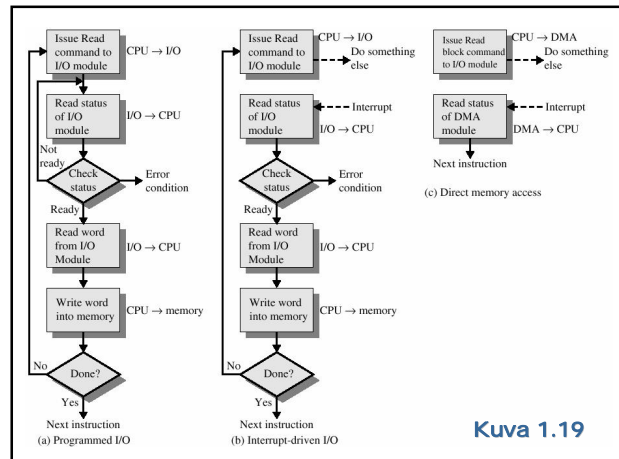
KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen 8 - 6

Siirrännän perustekniikat

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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 7



Kuva 1.19

Siirrännän kehittyminen

- 1 CPU (=KJ) huolehtii laitteen ohjauksesta
 - 2 Erillinen I/O-ohjain ohjaa yhtä tai useampaa laitetta, suora I/O
 - u CPU (=KJ) tarkkailee koko ajan statusrekisteriä
 - u Laitteen yksityiskohdat eivät enää KJ:n murheena
 - 3 Ohjain oppii käyttämään keskeytystä
 - u CPU (=KJ) ei odottele aktiivisesti siirron valmistumista
 - 4 Ohjain oppii siirtämään perille saakka = DMA
 - u CPU (=KJ) vain käynnistää siirron ja tarkistaa onnistumisen
- Lue KJ = laiteajuri*

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 9

Siirrännän kehittyminen

- 5 Erillinen I/O-prosessori + DMA
 - u oma käskykanta
 - u suorittaa keskusmuistissa olevaa I/O-ohjelmaa
 - u CPU (=KJ) voi määrittellä siirräntätehtävät monipuolisesti
 - u keskeytys, kun kaikki tehty
 - 6 Erillinen I/O-prosessori + oma muisti + DMA
 - u ei käytä CPU-väylää I/O-ohjelmansa suorittamiseen
 - u esim. näytönohjaimella oma prosessori ja muistia
- n Yksityiskohdat siirretty KJ:ltä laitteistolle
 - u tehokas toteutus

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 10

Käyttöjärjestelmät I

DMA Direct Memory Access

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 11

DMA-siirto

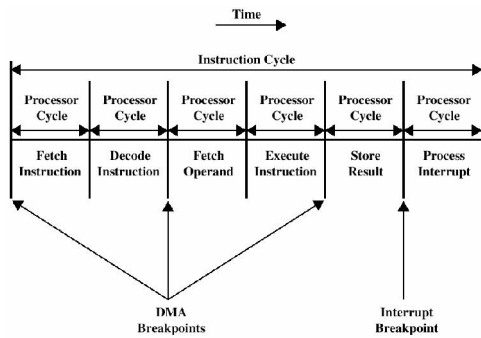
- n Ohjain osaa siirtää ison määrän tietoa suoraan laitteen ja keskusmuistin välillä
 - u Keskeytys vasta, kun koko siirto valmis
- n Käyttää muistiin viitattessa prosessoriväylää
- n Kilpailu väylän varaamisesta
 - u ajoitus s.e. ei häiritse CPU:n I/O-siirtoja
 - u CPU tarvitsee väylää käskynoudossa,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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 12

DMA:n ajoitus

Kuva 11.3

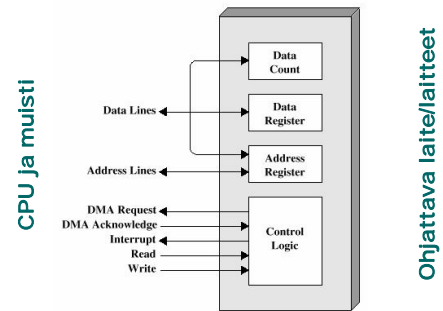


KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 13

DMA-ohjaimen rakenne

Kuva 11.1



KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 14

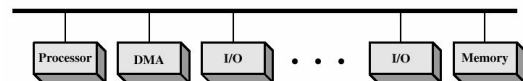
DMA

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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 15

Erillinen DMA-ohjain



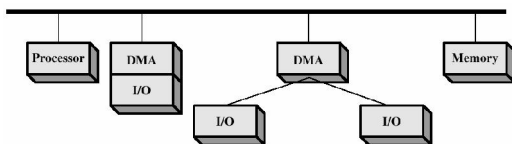
(a) Single-bus, detached DMA

- n Kaikki jakavat yhteisen väylän
- n DMA-ohjain keskustelees myös laiteohjaimen kanssa käyttäen prosessoriväylää

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 16

DMA- ja laiteohjain yhdessä



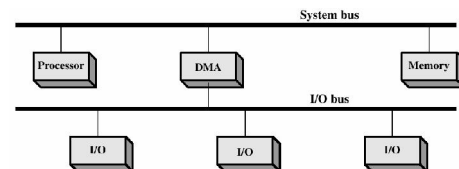
(b) Single-bus, Integrated DMA-I/O

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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 17

DMA ja erillinen I/O-väylä



(c) I/O bus

- n Suora siirto laitteelta toiselle käyttämättä prosessoriväylää
 - u ei häiritse CPU:ta
- n Helppo laajentaa

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 18

Käyttöjärjestelmät I

Huomioita siirrännästä, hierarkia

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 19

Huomioita siirrännästä

- n Siirräntä järjestelmän suurin pullonkaula
- n Siirräntä oheislaitteille erittäin hidasta verrattuna CPU:n ja keskusmuistin välisiin siirtoihin (esim. levy ~ 1 : 1.000.000)
- n Siirräntä ei pysy koskaan CPU:n vauhdissa
 - u prosessin odotettava siirräntää
- n Monilajon ansiosta CPU voi suorittaa odotusajkana muita prosesseja
- n Myös KJ:n tekemä sivutus ja helppo vaihto aiheuttaa siirräntää

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 20

Huomioita siirrännästä

- n Levysiiro tärkein tehostettava kohde
 - u puskurointi
 - F siirrä kerralla enemmän (levylohko)
 - F lohkopuskurit (block cache) eli levyvälimuisti (disk cache)
 - u ennaltanouto
 - F tdsto käsitellään yleensä peräkkäisjärjestyksessä
 - u pyyntöjen uudelleenjärjestely
 - F minimoi hakuvarren siirrot
 - F pyynnöt jonottavat ajurin jonossa

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 21

Huomioita siirrännästä

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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

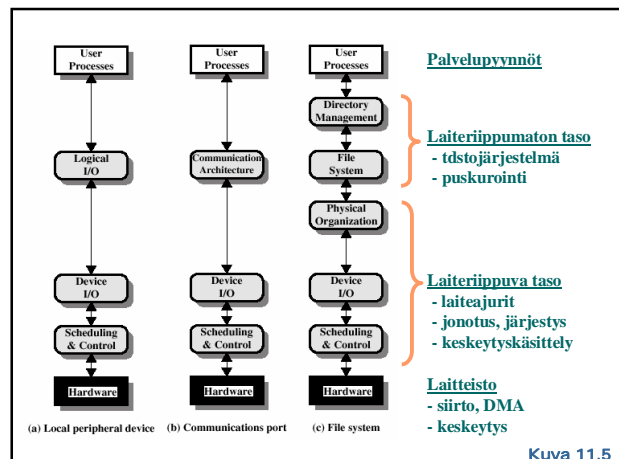
8 - 22

Siirräntän hierarkia

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

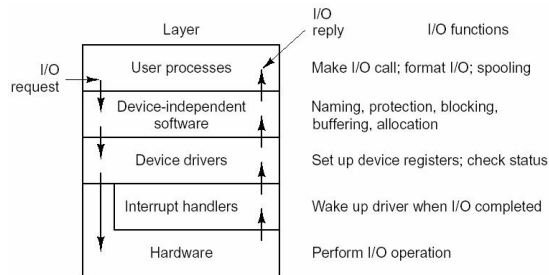
KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 23



Siirrännän hierarkia

Tan01 Kuva 5-16



KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 25

Laiteajurit

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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 26

Käyttöjärjestelmät I

Puskurointi

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 27

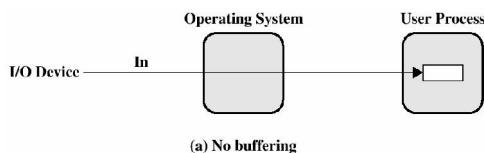
Siirrännän puskurointi

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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 28

Ei puskurointia

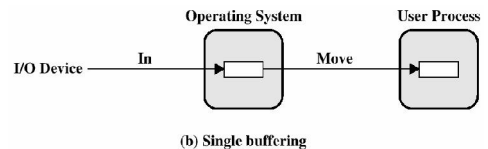


- n Siirto suoraan prosessin alueelle!
 - u Prosessin muistialuetta ei voi heittovaihtaa (lukittava!)
- n Tieto käsiteltävä samankokoisina yksikköinä prosessissa ja laitteella
- n Käyttöä esim. reaaliaikajärjestelmissä

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 29

Yksi puskuri



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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 30

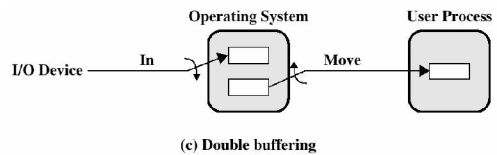
Yksi puskuri

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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 31

Kaksoispuskurointi

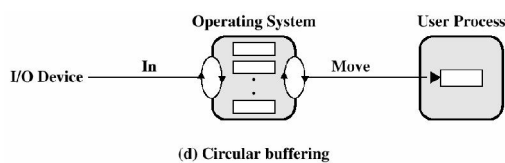


- n **Kun prosessi käsittelee toisessa puskurissa olevaa tietoa, ohjain lukee toiseen**
- n **Kun ohjain kirjoittaa puskurista laitteelle, prosessi voi täyttää toista puskuria**
- n **Tuottaja - puskuri - kuluttaja -> synkronointi**

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 32

Puskurien käyttö renkaana



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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 33

Lohkopuskurit (block cache)

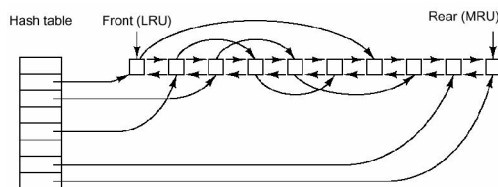
- n **myös nimellä levyvälimuisti (disk cache)**
- n **KJ:n ylläpitämät puskurit levyloikkoja varten**
 - u jos viitattu lohko muistissa, ei noutoa levytä
 - u jokainen prosessin I/O-pyyntö ei aiheuta levytoimintoa
- n **Tasaa erot käsiteltävän yksikön kanssa**
 - u ohjelma lukee / kirjoittaa tavuja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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 34

UNIX: Lohkopuskuri

Tan01 6-27



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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 35

Poistoalgoritmi

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

KJ-I S2005 / Tiina Niklander, kalvot Auvo Häkkinen

8 - 36

Kertauskysymyksiä

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