Giriş

- Bir bilgisayarın iki temel işlevi vardır: **I/O ve processing.**
- **İşletim sisteminin** I/O bileşenleri üzerindeki **rolü**, **I/O cihazlarını denetlemek** ve **I/O işlemlerini yürütmektir.**
- I/O cihazları, **işlevleri**, **hızları**, **kontrol yöntemleri açısından farklılık gösterir.**
- I/O cihaz teknolojisinde artan **standartlaşma ile birlikte I/O cihazlarında gelişme hızlanmıştır.**
- I/O cihazlarındaki **çeşitlilik artarken yeni donanım ve yazılım tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır.**
- Temel I/O **donanım bileşenleri**, **port'lar**, **bus'lar** ve **cihaz denetleyicileridir.**
- **İşletim sistemi kernel'ı, cihaz sürücülerini kullanacak şekilde yapılandırılır.**

3

Konular

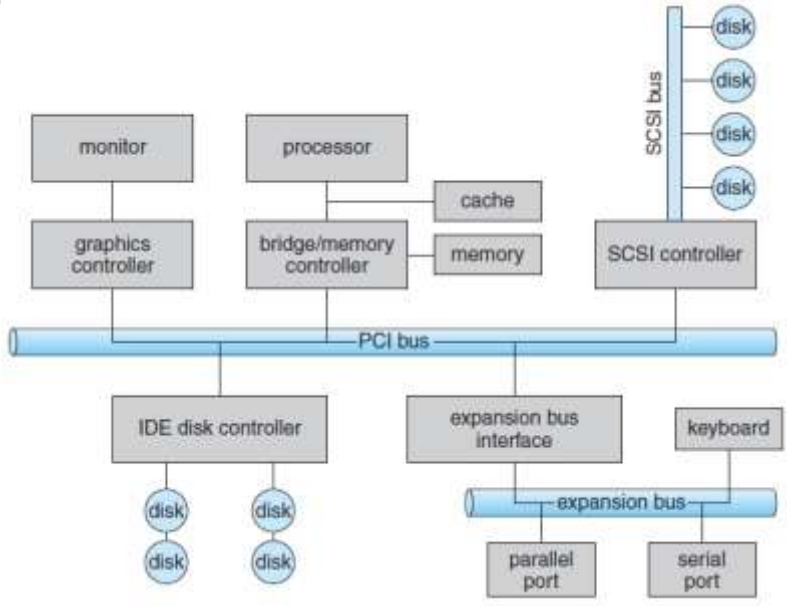
- Giriş
- I/O donanımı
- I/O arayüz uygulaması
- I/O isteklerinin donanımsal işlemlere dönüştürülmesi
- Performans

4

I/O donanımı

- **Bilgisayar çok farklı türdeki cihazla çalışabilir.**
- Bu cihazlar, **depolama cihazları** (disk, tape), **haberleşme cihazları** (ağ bağlantısı, Bluetooth), **kullanıcı arayüz cihazları** (klavye, mouse, ekran, ses giriş/çıkış) olabilir.
- Farklı kullanım ortamlarında, **girişler/çıkışlar** ve **kullanılan I/O cihazları farklı olabilir.** (Örn. Uçak kontrol bilgisayarında pedal, joystick kullanılır.)
- Bir cihaz, **bilgisayara kablo** veya **hava aracılığıyla sinyal göndererek haberleşir.**
- Bir **cihaz**, bilgisayarla **bağlantı noktası (port) aracılığıyla haberleşir.**
- Cihazların paylaşarak kullandığı **iletim yollarına bus** denir.
- Bus'ların **sinyalleşme yöntemleri**, **bant genişlikleri** ve **bağlantı yöntemleri** birbirinden **farklıdır.**

I/O donanımı



I/O donanımı

- **PCI** (Peripheral Component Interconnection) **bus, CPU ve hafıza ile hızlı birimlerin bağlantısını sağlar.**
- **Expansion bus,** daha **yavaş birimlerin** (seri port, USB, klavye, mouse) **bağlantısını sağlar.**
- **SCSI** (Small Computer System Interface) **bus, disklerin SCSI denetleyiciye bağlantısını sağlar.**
- **PCIe** (PCI Express) **bus** ile **16 GB/s** hızında **transfer** yapılabilmektedir.
- **HyperTransport 3.1 bus** ile **51 GB/s** hızında **transfer** yapılabilmektedir.
- Bir **controller**, **port**, **bus** veya **cihazla** işlem yapan **elektronik bileşendir.**
- IDE (Integrated Drive Electronics), harddisk, CD-ROM/DVD arayüzüdür.
- **Seri port denetleyici basittir ve bir chip içerir.**
- **SCSI denetleyici karmaşıktır** ve **ayrı board (host adapter)** üzerindedir.

I/O donanımı

- **Bazı cihazların denetleyicileri kendi üzerindedir (disk sürücü).**
- Disk denetleyicileri, kendi mikrokodlarına ve işlemcilerine sahiptir.
- CPU ile I/O cihazı arasındaki **haberleşme iki şekilde yapılabilir:**
  - **Her denetleyici veri yazmak ve okumak için bir grup register'a sahiptir.**
    - **Bilgisayar** I/O cihazıyla **iletişim yapmak için bu register'ları kullanır.**
    - Özel **I/O komutları** ile **register'lara erişilebilir.**
  - **Başka bir yöntemde ise**, cihaz **denetleyici register'ları** işlemcinin **adres aralığına eşleştirilir (memory-mapped I/O).**
    -Memory-mapped I/O yönteminde, **CPU fiziksel hafızada cihazın register'ları** ile eşleştirilen **adreslerden okuma ve yazma yapar.**
- **Bazı sistemler bu iki yöntemi de kullanabilir.**

I/O donanımı

- Şekilde bilgisayar için genellikle kullanılan I/O port adresleri görülmektedir.

I/O address range (hexadecimal)	device
000–00F	DMA controller
020–021	interrupt controller
040–043	timer
200–20F	game controller
2F8–2FF	serial port (secondary)
320–32F	hard-disk controller
378–37F	parallel port
3D0–3DF	graphics controller
3F0–3F7	diskette-drive controller
3F8–3FF	serial port (primary)

I/O donanımı

- Bir I/O port genellikle 4 register'dan oluşur: **status**, **control**, **data-in** ve **data-out**.
  - Data-in register: Host tarafından giriş almak için okunur.
  - Data-out register: Host tarafından çıkış göndermek için yazılır.
  - Status register: Cihazın durumunu bildiren bitlere sahiptir.
  - Control register: Cihazın başlatılması veya çalışma durumunun değiştirilmesi için kullanılır (seri port için -> parity bit, word length, full/half duplex, transfer hızı).
- **Data register'ları** genellikle **1-4 byte** boyutundadır.
- Bazı denetleyiciler FIFO yapısına sahip chip'ler kullanarak veri tutarlar.
- **FIFO chip'ler burst data'yı tutmak için faydalıdır.**
- **CPU ile I/O cihazı arasındaki haberleşme polling veya interrupt yöntemi ile yapılabilir.**

I/O donanımı

Polling

- **Host** ile **controller** arasındaki **protokol çok karmaşıktır**, ancak **handshaking basittir.**
- Host ile controller arasındaki ilişki **producer-cunsomer** şeklinde modellenebilir.
- **Controller** kendi **durumunu status register ile gösterir.**
- **Controller** meşgul ise **busy bit'i set (1)** eder **boş ise clear (0)** yapar.
- **Host**, command register içindeki **command-ready bit** ile **controller'a komut gönderdiğini iletir.**
- **Controller**, **sürekli command register'ı kontrol eder** ve gelen komutun işlemini gerçekleştirir.

I/O donanımı

Polling

- Aşağıda **host** bir **port aracılığıyla controller'a çıkış göndermektedir:**
  1. **Host**, **status register'daki busy bit'i clear** yapılıncaya kadar okuyarak bekler.
  2. **Host**, **command register'daki write bit'i set eder**, bir byte'ı **data-out register'ına yazar.**
  3. **Host**, **command-ready bit'i set** eder.
  4. **Controller**, **command-ready bit'in** set edildiğini görür ve **busy bit'i set eder.**
  5. **Controller, command register'ı okur** ve **write komutu olduğunu görür.**
  6. **Controller, data-out register'ını okur** ve **ilgili cihaza yazma işlemini yapar.**
  7. **Controller**, **command-ready bit'ini clear yapar**, **status register'daki error bit'ini clear yapar** (işlemin başarılı bittiğini gösterir) ve **status regiser'daki busy bit'i clear yapar.**
- Yukarıdaki döngü **her byte için sürekli tekrar eder.**

I/O donanımı

Polling

- Host'un **busy bit'i sürekli kontrol etmesi** busy-waiting veya polling diye adlandırılır.
- **Device controller** ve **cihaz çok hızlı ise yöntem uygulanabilirdir.**
- Eğer **bekleme süresi artarsa**, host **başka bir göreve geçiş yapar.**
- **Çoğu bilgisayar mimarisinde** bir cihazın durumunun sorgulanması (poll) **3 cycle ile tamamlanır.**
  - **Cihaz register'ının okunması**
  - **Durum bitinin mantıksal işlemi (AND)**
  - **Branch if not zero (busy bit 1 ise döngü tekrar eder.)**
- Bazı cihazlarda hızlı dönüş yapılmazsa veri kaybolur (seri port, klavye).
- Sıklıkla **meşgul olan cihazlarda polling etkin yöntem değildir.**

I/O donanımı

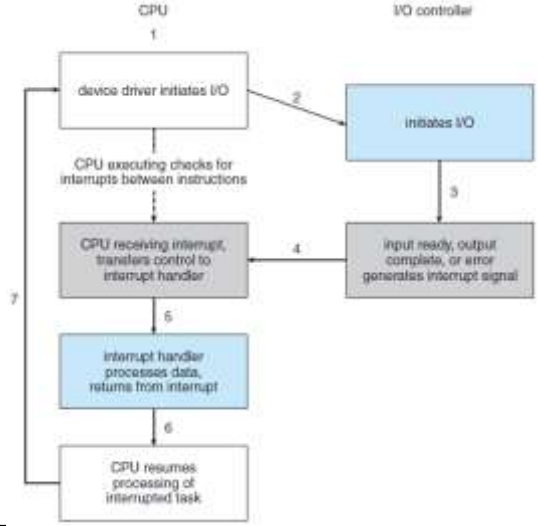
Interrupt

- CPU donanımı **bir bit interrupt-request line'a sahiptir.**
- CPU, her **instruction cycle'dan** hemen sonra **interrupt bit'ini kontrol eder.**
- CPU **interrupt algıladığı anda**, **process'in durumunu saklar** ve **interrupt-handler routine'e geçer.**
- Interrupt-handler routine hafızada sabit bir adrese sahiptir.
- Tek kullanıcılı bilgisayarlar bile saniyede yüzlerce interrupt yönetir.
- **Sunucu sistemleri saniyede yüzbinlerce interrupt yönetir.**

I/O donanımı

Interrupt

- Interrupt tarafından başlatılan **I/O döngüsü** aşağıda görülmektedir.



I/O donanımı

Interrupt

- CPU'lar genellikle **nonmaskable** ve **maskable** olarak iki tür interrupt'a sahiptir.
- **Nonmaskable** interrupt'lar geldiğinde **engellenemez** (hafıza hatası).
- **Maskable** interrupt'lar CPU tarafından **kapatılabilir** (program hatası).
- Interrupt mekanizması bir adres (numara) kabul eder ve **interrupt-handling routine'i seçer.**
- **Tüm adresler interrupt vector tablosunda saklanır.**

I/O donanımı

Interrupt

- **Intel Pentium** işlemciler için **interrupt vector** tablosu aşağıdadır.

vector number	description
0	divide error
1	debug exception
2	null interrupt
3	breakpoint
4	INTO-detected overflow
5	bound range exception
6	invalid opcode
7	device not available
8	double fault
9	coprocessor segment overrun (reserved)
10	invalid task state segment
11	segment not present
12	stack fault
13	general protection
14	page fault
15	(Intel reserved, do not use)
16	floating-point error
17	alignment check
18	machine check
19–31	(Intel reserved, do not use)
32–255	maskable interrupts

I/O donanımı

Interrupt

- **0-31** arasındaki **olaylar nonmaskable** tanımlanmıştır ve hata sinyalleri için kullanılır.
- **32-255** arasındaki **olaylar maskable** tanımlanmıştır ve cihazların ürettiği hatalar için kullanılır.
- Interrupt mekanizması **önceliklendirme** için de kullanılabilir.
- **Yüksek öncelikli bir interrupt geldiğinde düşük öncelikli interrupt çalışıyorsa kesilir.**
- Interrupt'lar sıfıra bölme hatası gibi çok farklı istisnaların (exception) yönetiminde de kullanılmaktadır.

I/O donanımı

Direct memory access

- **Büyük boyutta veri transfer eden cihazlarda**, genel amaçlı **mikroişlemciyi kullanmak etkin çözüm değildir.**
- Genel amaçlı mikroişlemci, controller register'ı aracılığıyla **her byte'ı ayrı aktarır** (programmed I/O, PIO).
- **Çoğu bilgisayar** bu tür veri aktarımları için **özel amaçlı işlemci (direct-memory-acces, DMA) kullanır.**
- Host, hafızaya **DMA komut bloğunu yazarak** DMA ile **transferi başlatır.**
- Yazılan blok, **kaynak pointer**, **hedef pointer** ve **aktarılacak byte sayısını içerir.**
- CPU tarafından **komut bloğunun adresi DMA controller'a** iletilir.
- **DMA controller**, aktarımı **memory bus üzerinden gerçekleştirir.**

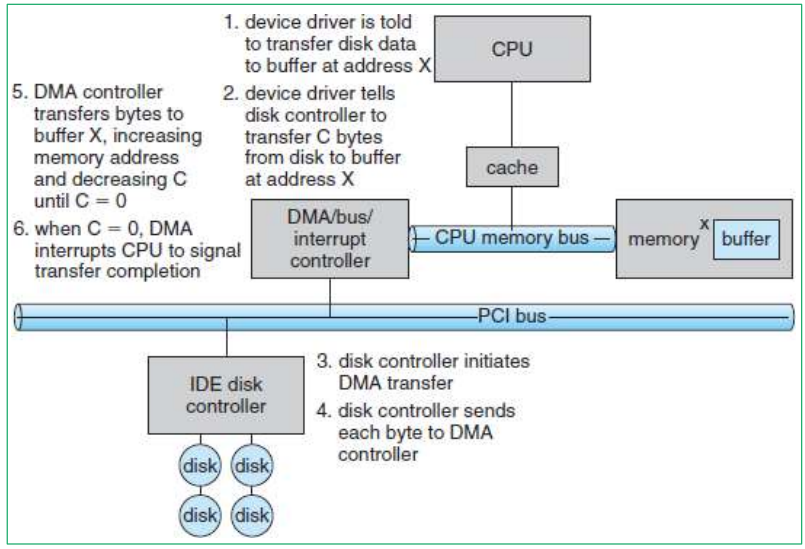
I/O donanımı

Direct memory access

- DMA controller ile device controller arasındaki **handshaking** DMA-request ve DMA-acknowledge bağlantılarıyla sağlanır.
- Device controller, **DMA-request sinyali ile istek iletir.**
- DMA-controller,
  - **Memory bus'ın kullanımını alır**,
  - **Hafıza adresini memory adres bus'a yerleştirir**,
  - **DMA-acknowledge sinyalini gönderir.**
- Device controller, **DMA-acknowledge sinyalini alınca veri transferine başlar** ve **DMA-request sinyalini kaldırır.**
- Veri aktarımı **tamamlandığında**, **DMA controller tarafından CPU'ya interrupt iletir.**

I/O donanımı

Direct memory access



I/O donanımı

I/O donanımı

- İşletim sisteminin **I/O donanım bileşenleri** ve özellikleri:
  - Bus
  - Controller
  - I/O port ve register'lar
  - Host ve device controller arasında handshaking
  - Handshaking işleminin polling veya interrupt ile gerçekleştirilmesi
  - Büyük boyuttaki transferler için DMA controller kullanılması
- İşletim sistemi çok farklı cihazlarla çalışabilecek şekilde tasarlanmalıdır.
- **İşletim sistemi, yeni cihazlarla işlem yapabilir olmalıdır.**

Konular

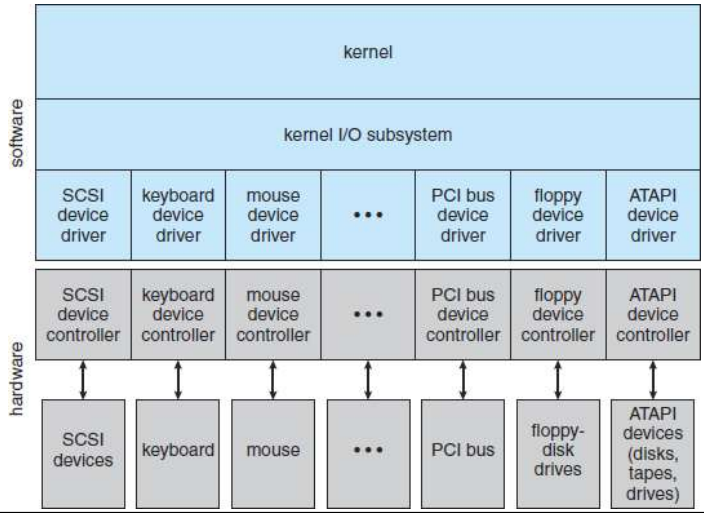
- Giriş
- I/O donanımı
- I/O arayüz uygulaması
- I/O isteklerinin donanımsal işlemlere dönüştürülmesi
- Performans

I/O arayüz uygulaması

- Bir uygulamanın, **bir dosyayı açarken hangi tür disk üzerinde olduğunu bilmesi gerekmemelidir.**
- **Yeni disk ekleme** veya farklı cihazları eklemenin işletim sisteminde herhangi bir **soruna/hataya yol açmaması** gereklidir.
- **Karmaşık diğer problemlerde olduğu gibi**, işletim sistemi bu tür işlemlerde **abstraction**, **encapsulation** ve **software layering** yöntemlerini kullanır.
- **Soyutlama** için arayüz (interface) oluşturulur.
- Cihazların birbirinden farklı özellikleri device driver'larda **encapsulate** edilir.

I/O arayüz uygulaması

- **Device driver katmanı**, device controller'lardaki farklılıkları kernel I/O alt sisteminden gizler, **I/O sistem çağrıları cihaz farklılığından etkilenmez.**



I/O arayüz uygulaması

- **Device driver** kullanılması, **işletim sistemi geliştiricisinin** de **cihaz üreticisinin de işini kolaylaştırır.**
- Cihaz üreticisi **ya host controller ile uyumlu cihaz tasarımı yapar**, **ya da geliştirdiği cihazın sürücüsünü yazar.**
- Böylelikle yeni geliştirilen **donanım sisteme doğrudan takılarak kullanılabilir.**
- **Her işletim sistemi**, device driver için **kendi standartlarına sahiptir.**
- Bu yüzden, **her cihaz farklı işletim sistemleri için sürücü sağlamalıdır** (Windows, Linux, Mac OS X).

I/O arayüz uygulaması

- Cihazlar farklı açılardan birbirine göre farklı özelliklere sahiptir:
  - Karakter stream/blok: Cihaz **karakter karakter** veya **blok şeklinde veri transfer eder.**
  - Sıralı/rastgele erişim: Cihaz belirli bir **sırada veri aktarımı yapar** veya **rastgele konumlanarak veri aktarımı yapar.**
  - Senkron/asenkron: **Senkron** cihazlarda **response time öngörülebilir. Asenkron** cihazlarda başka cihazlara/olaylara bağlı olduğundan **response time öngörülemez.**
  - Paylaşılabilir/adanmış: **Paylaşılabilir cihaz çok sayıda process tarafından kullanılabilir. Adanmış** olan **sadece bir cihaz tarafından kullanılabilir.**
  - Hız: Cihazlar **Byte/s** seviyesinden **GB/s** seviyesine kadar farklı hızlarda olabilir.
  - Read-write, read only, write only: Cihazlardaki **işlem türü farklı olabilir.**

I/O arayüz uygulaması

Clock ve timer

- Çoğu bilgisayar **clock ve timer'a sahiptir** ve aşağıdaki işlevleri sağlarlar:
  - **Şimdiki zamanı verir.**
  - **Geçen süreyi verir.**
  - **T zamanında X işleminin tetiklenmesini sağlar.**
- Zaman hassasiyeti olan uygulamaların yanı sıra **işletim sistemi de clock ve timer'ı sıklıkla kullanılır.**
- **Uygulamalar belirli zaman aralıklarında belirli işleri başlatmak için timer kullanırlar.**
- Ağ alt sistemi, başlatılan işlemlerin belirli süre sonunda **(timeout)** iptal edilmesi için kullanır.

I/O arayüz uygulaması

Blocking ve nonblocking I/O

- Bir uygulama **blocking I/O** başlattığında, uygulamanın çalışması **askıya alınabilir.**
- Uygulama işletim sisteminin **run kuyruğundan wait kuyruğuna alınabilir.**
- Bu tür uygulamaların **çalışma süresi öngörülemezdir.**
- **Nonblocking I/O** işlemlerinde işlem başladıktan sonra **kesilemez** veya **askıya alınamaz.**
- **Nonblocking I/O** olan **klavye ve mouse** girişleri anında ekrana yansıtılmalıdır.
- **Audio/video** uygulamaları da **nonblocking I/O** şeklinde çalıştırılırlar.

Konular

- Giriş
- I/O donanımı
- I/O arayüz uygulaması
- I/O isteklerinin donanımsal işlemlere dönüştürülmesi
- Performans

I/O isteklerinin donanımsal işlemlere dönüştürülmesi

- Device driver ile device controller handshaking yaptıktan sonra, **fiziksel olarak istek yapılan işlemin nasıl gerçekleştirileceğinin belirlenmesi gereklidir.**
- Bir **disk okuma işleminde**, **uygulama dosya adı ile veriyi okumak ister.**
- **File sistem**, **dosya adı** ile dosyaya **ayrılmış alanı eşleştirir.**
- MS-DOS işletim sisteminde, **file-access table, dosya adına tahsis edilmiş disk bloklarını gösterir.**
- Dosya adı ile disk controller arasındaki bağlantı için **donanımın port adresi** veya **memory-mapped register kullanılır.**
- **MS-DOS'ta** dosya adındaki iki nokta üst üste işaretinden önceki **harf** cihazı tanımlar **(c:, d:).**
- c: veya d: cihaz tablosundan **özel port adresine eşleştirilir.**

I/O isteklerinin donanımsal işlemlere dönüştürülmesi

- Bir **blocking read isteğinin yaşam döngüsü** aşağıdadır:
  1. **Process, blocking read() sistem çağrısını başlatır.**
     Dosya daha önce açılmıştır.
  2. **Sistem** çağrı kodu **parametrelerin doğruluğunu** ve **hazır olduğunu** kontrol eder. Hazırsa, **I/O isteği tamamlanmıştır.**
  3. **Hazır değilse**, **fiziksel I/O gerçekleştirilir**.
     Process **run kuyruğundan wait kuyruğuna alınır** ve **I/O isteği yapılır**.
     I/O alt sistemi **device driver'a isteği iletir.**
  4. **Device driver, kernel buffer'ından yer ayırır ve veriyi buraya alır**.
     Driver, device controller'a **control register** aracılığıyla **gerekli komutları gönderir.**
  5. **Device controller,** veri **transferini donanım üzerinde gerçekleştirir.**
  6. **Driver, durum bilgisini** ve **veriyi, poll yöntemiyle** veya **DMA ile hafızaya alır. DMA** ile yapılırsa bir **interrupt oluşturulur.**

I/O isteklerinin donanımsal işlemlere dönüştürülmesi

7. **Interrupt-vector tablosu** ile doğru **interrupt handler routine'i seçilir,** gerekli **veri okunur**, **device driver'a sinyal ile bildirilir** ve **interrupt routine'e dönülür.**
8. **Device driver**, **I/O işleminin tamamlandığını kernel'a bildirir.**
9. **Kernel,** alınan **veriyi process'e aktarır** ve **process'i wait kuyruğundan ready kuyruğuna aktarır.**
10. **Scheduler**, **process'i CPU'ya atadığında** ise çalışmasına **kaldığı yerden devam eder.**

33

Konular

- Giriş
- I/O donanımı
- I/O arayüz uygulaması
- I/O isteklerinin donanımsal işlemlere dönüştürülmesi
- Performans

34

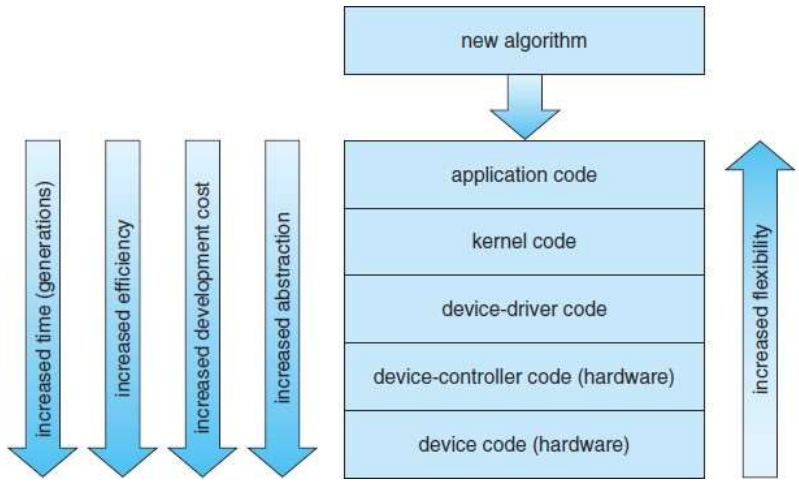
Performans

- **I/O, sistem performansını etkileyen en önemli faktördür.**
- **CPU**, **device driver kodunu yoğunlukla çalıştır,** block ve unblock process'ler arasında etkin çalışmayı sağlar.
- Modern bilgisayarlar her saniye binlerce interrupt yürütür.
- **Her interrupt context switch gerektirir** ve **maliyeti yüksek bir iştir.**
- **I/O etkinliğini artırmak için** farklı **yöntemler** kullanılabilir:
  - Context switch sayısını azaltmak.
  - Cihaz ve uygulama arasında aktarım yaparken hafızadaki kopyalama işlemlerini azaltmak (kernel buffer-application adres space).
  - Büyük veri aktarımları yaparak interrupt sıklığını azaltmak.
  - DMA kullanımını artırmak.
  - Basit işlemleri donanıma aktararak controller tarafından yapılmasını sağlamak.
  - CPU, memory, bus ve I/O performansını dengelemek.

35

Performans

- I/O işlemlerinin hangi düzeyde gerçekleştirildiği, **geliştirilme süresi**, **etkinliği**, **geliştirilme maliyeti**, **soyutlama düzeyi** ve **esnekliği** açısından önemlidir.



34