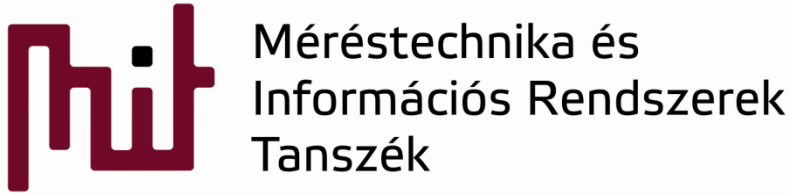
Operációs rendszerek története és osztályozása, HW környezet

dr. Kovácsházy Tamás

1. anyagrész, Bevezető



Operációs rendszer

- Definíció (Wikipedia)
  - An operating system (OS) is an interface between hardware and user which is responsible for the management and coordination of activities and the sharing of the resources of a computer, that acts as a host for computing applications run on the machine.
  - Operating systems offer a number of services to application programs and users. Applications access these services through application programming interfaces (APIs) or system calls.
- Jó a definíció?
  - Kliens operációs rendszerre többé-kevésbé.
    - Jó definíciót senki sem tud: Microsoft v. USA perek során sem
  - Van benne jó néhány új fogalom. (később tisztázzuk őket)
  - Milyen operációs rendszerek vannak?
    - Nagyon sok fajta, de inkább kezdjük a történelemmel...

Összefoglalva…

- Hardware és alkalmazói szoftver közötti interfész
- Erőforrás használat és aktivitások menedzsmentje és koordinálása
- Lehetővé teszi az alkalmazások futtatását
- Egy programozási felületet (API) nyújt az alkalmazások számára, hogy azok el tudják érni az OS szolgáltatásait
- Hogy ezeket a funkciókat meg tudja valósítani „erősebbnek” kell lennie, mint az alkalmazói programok…

Korai operációs rendszerek

- HW fejlődése
  - Korai számítógépek huzalozott programmal rendelkeztek
    - Egy feladatot tudtak végrehajtani egy időben
    - A feladatok váltása rendkívül időigényes volt
  - Ekkor is felmerül az erőforrásokkal történő optimálisabb gazdálkodás, de ez emberi erővel történik
    - Feladatok és azok sorrendjének kiválasztása (fontosság, stb. alapján)
    - Emberi, gépi, és egyéb (idő) erőforrások allokációja feladathoz
    - Végrehajtási kísérlet
    - Eredmények kiértékelése
    - Újrahuzalozás…

Korai BATCH rendszerek

- Batch rendszer (kötegelt), hogyan történik:
  - Program papíron készül (korai Fortran pl.)
  - A program lyukkártyára írása
  - Lyukkártyák leadása az operátornál
  - Futtatás
  - Eredmények kinyomtatása
  - Teljesen on-line, szekvenciális periféria működés
- Hasonló erőforrás igényű munkák csoportosítása, sok különálló, ismétlődő lépésre nincs szükség
- On-line perifériás műveletekről áttérés off-line műveletekre, I/O processzor, nő a komplexitás
- Egyszerű monitor (resident monitor) a munkák ütemezésére
  - Egyiknek vége, automatikusan kezdődik a másik

Átlapolt feldolgozás

- Az I/O processzorok elfedik a periféria specialitásait
  - Szabványos, absztrakt interfész
  - Logikai B/K (I/O) perifériák megjelenése
- Pufferelés (buffering)
  - Az I/O perifériák és a központi egység közötti kapcsolat megoldására/optimalizálására
  - Input –> CPU –> Output átlapolódik
  - A hibakeresés még mindig nehézkes
    - A programozó nem fér hozzá a rendszerhez on-line
    - A hibakimenetet a program futása után megkapja

Spooling

- Nagyobb kapacitású, gyors, véletlen hozzáférésű memóriák megjelenése
  - Több feladat is egy időben a gépben
  - Egy fő program plusz az I/O-val kapcsolatos feladatok
  - Ezek egy időben futhatnak
    - Spooling (Simultaneous peripherial operation on-line)
    - A feladatok jobban átlapolódhatnak
    - Eredmény: elmozdulás a multiprogramozás felé

Multiprogramozás

- Még nagyobb kapacitású, még gyorsabb memóriák
  - A feladatok nem csak beérkezésük sorrendjében dolgozhatók fel (egy időben több befér a memóriába)
  - Optimalizáció lehetősége/igénye futási időben
  - Job pool (lehetséges feladatok készlete)
    - Cél a közel 100%-os CPU kihasználtság (nem lehetséges)
    - Megjelenik az ütemezés (scheduling)
      - A lehetséges feladatok közül melyik fusson?
      - Erőforrás (CPU, memória, tár, perifériák) gazdálkodás is feladat
      - On-line kapcsolat a felhasználóval lehetségessé válik
      - Fő probléma a válaszidő az on-line felhasználók számára
  - A feladatok addig futnak, míg valamire várniuk nem kell

1960-as évek vége

- Miniszámítógépek (pl. PDP) megjelenése
  - Kisebb csoportok számára elérhető, olcsóbb gépek
    - Sokkal többen férnek hozzá (sok gép)
    - Egy gépre kevesebb ember jut (idő a kísérletezésre)
    - Programozók a géphez juthatnak
  - MULTICS, majd UNIX
  - C és egyéb modern nyelvek
  - Az első lépések az Internet felé (ARPANET, információ megosztása)
  - Gyors fejlődés
  - Első kísérletek fizikai folyamatok számítógépes irányítására
    - A beágyazott rendszerek ebből alakulnak ki majd

Időosztásos rendszerek

- Time sharing vagy más néven multitasking
- Az on-line felhasználók számára fontos a válaszidő
  - Több ember tudja egy időben használni a gépet (n*10-100 embernek van egy gépe)
  - Gépelnek valamit és választ várnak rá
    - A gép ne legyen üresjáratban (használjuk ki)
    - A válaszidő emberi léptékkel elfogadható legyen (n*10 – n*100 ms)
  - A feladatok virtuálisan egy időben (párhuzamosan), szeletekben futnak
    - Egymás után, egy óra által periodikusan időzítve/váltva
    - Az óra megszakítja az éppen futó feladatot, és erre az OS vált egy másikra
  - A háttérben egy batch rendszer is fut
    - A megmaradó időszeletek kihasználására (erre is van igény)
- Pl. klasszikus UNIX erre vállalkozik

Személyi számítógépek

- 1970-es évek közepétől
  - Egy felhasználó egy gép összerendelés lehetséges a technikai fejlődés eredményeképpen
  - Az IBM PC és utódai
    - x86 CPU architektúra
    - memória + HDD
    - karakteres v. grafikus képernyő (X-windows, Windows)
    - billentyűzet és később egér
    - hálózat (LAN majd Internet)
- Lépések az elosztott rendszerek megjelenése felé
- Új követelmény: Felhasználóbarátság

Elosztott rendszerek

- Decentralizálás
  - Funkciók térbéli elosztása
  - Előnyök - Hátrányok: Biztonság, skálázhatóság, megbízhatóság, fejlesztési kérdések
    - Nem egyértelmű, erősen implementáció függő
    - Mindenképpen ebbe az irányba mozgunk (cloudcomputing, stb.)
- Ebbe már nem fogunk belemenni a tárgy során
- Egy időben párhuzamos fejlődési lépés a mobil operációs rendszerek megjelenése, ezt felületesen érinteni fogjuk…

Többprocesszoros rendszer

- Homogén (egyforma) processzorok
  - Pl. több CPU magot, vagy több CPU-t, vagy több CPU-t és azon belül több magos CPU-kat tartalmazó rendszer (AMD Opteron, Intel Xeon)
- Heterogén (különböző) processzorok
  - Pl. több magos asztali gépben GPGPU (CUDA, OpenCL) vagy FPGA alapú gyorsító processzorok
  - Gyorsan terjed, ez a jövő (Intel, AMD, mobil SoC)
- Sokmagos CPU-k (pl. Intel Xeon Phi)
- Hogyan lehet hatékony programokat írni ezekre a szörnyekre?
  - Erről sem lesz szó, de az oktatott információk alapján ezekkel a területekkel is lehet majd kezdeni ismerkedni
  - Ez a jövő kérdése, nagyon forró kutatási irányról van szó

Milyen operációs rendszerek vannak?

- Alkalmazás specifikus megközelítés
  - Kliens, szerver és mainframe operációs rendszerek (IT infrastruktúra)
    - Sokprocesszoros szerver, Grid, Cloud, Szuperszámítógépek
  - Beágyazott operációs rendszerek
  - Mobil operációs rendszerek
- Tulajdonság specifikus megközelítés
  - Valós idejű operációs rendszerek (válaszidő)
  - Nagy megbízhatóságú operációs rendszerek (rendelkezésre állás)
  - Konfigurálható operációs rendszerek (funkciók kiválasztása)
- Persze a tulajdonság és az alkalmazás szorosan összefügg...
  - Pl. A Linux minden szegmensben megtalálható
  - A Microsoft-nak is vannak termékei minden szegmensben
  - Rengeteg szűk területet megcélzó gyártó
    - Wikipedia 2012- ben: 45 kommerciális gyártó, és azon belül is több operációs rendszer, ezen kívül open source OS-ek
    - Hány Linux disztribúció van? Azok most különböző OS-ek? Nem akarom/tudom megválaszolni a kérdést…
      - Linux kernel + alkalmazáskészlet = Linux disztribúció

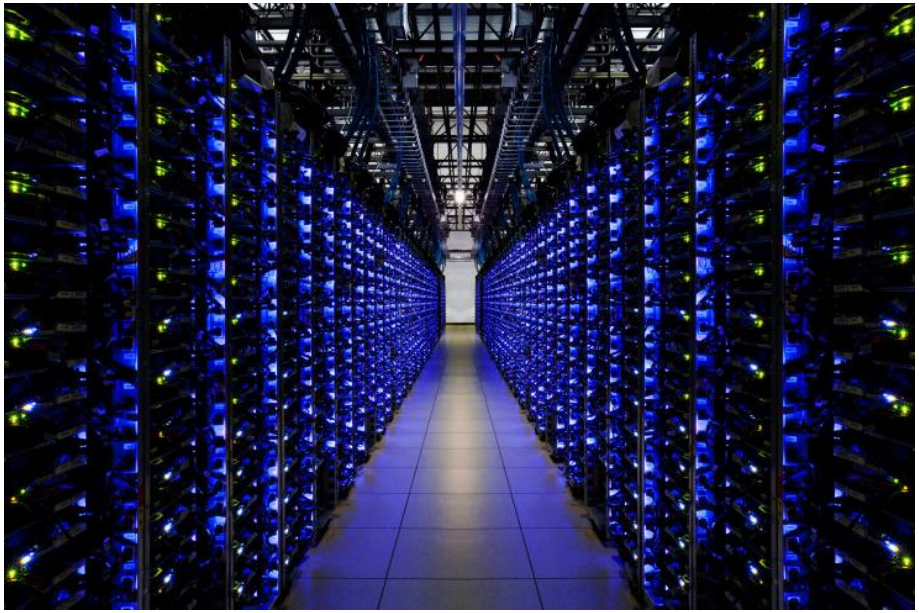
Kliens, szerver és mainframe OS-ek

- Klienssel mindenki tisztában van...
  (vagy legalábbis remélem)
- Sokprocesszoros szerver/mainframe
  - 8-64(256) CPU, n*10/100 Gbyte RAM
- Magas rendelkezésre állás
  - Redundancia
  - Működés közben történő alkatrész csere
- Menet közben particionálható
- Virtualizáció HW támogatása

IBM System Z13

Dell PowerEdge R920

Adatközpontok (grid, cloud, etc.)



Inside a Google data center videók a YouTube-on

- n*10.000 szerver
- n*100 TB memória
- Hatalmas tárolóterület
- Masszívan elosztott feladatok (pl. keresés)
- Műveletek hossza 1-2 sec vagy akár napok
- Google, Microsoft, Facebook, YouTube
  - Szerver OS alapon
- Optimalizált HW
  - http://www.opencompute.org/

Beágyazott rendszer (embedded system) 1.

- Olyan **speciális számítógépes rendszerek**, amelyeket egy **jól meghatározott feladatra** találtak ki
  - Ezen feladat ellátása érdekében **a külvilággal intenzív információs kapcsolatban állnak**
    - Érzékelik annak bizonyos paramétereit, és gyakran be is avatkoznak abba
    - Gép – beágyazó fizikai környezet interfész: Szenzorok, beavatkozók, kommunikációs felület
    - Felhasználói felület (humán operátor)
- Ez nem zárja azt ki, hogy pl. PC-t használjunk beágyazott rendszerekben
  - De akkor annak legalább részben dedikált feladata lesz (alkalmazástól függ)!
  - Akár standard Windows vagy Linux operációs rendszerrel is!
    - Bár nem erre lettek kitalálva.
    - Korlátozott alkalmazási körben.

Beágyazott rendszer (embedded system) 2.

- Sokszor biztonságkritikus a környezet, a meghibásodás eredményeképpen:
  - Emberek sérülhetnek meg súlyosan vagy halhatnak meg
  - Nem elviselhető kockázat
    - El kell kerülni, bizonyítani kell, hogy a technológia adott szintjén mindent megtettünk az elkerülésére
    - Nincs 100%-os biztonság
    - Milyen szerepet játszik ebben az OS???

Beágyazott alkalmazások 1.

Speciális minősítések

- Gépjármű
- Vonat
- Légi járművek
- Katonai
- Humán egészségügy
- Atomerőmű
- stb.

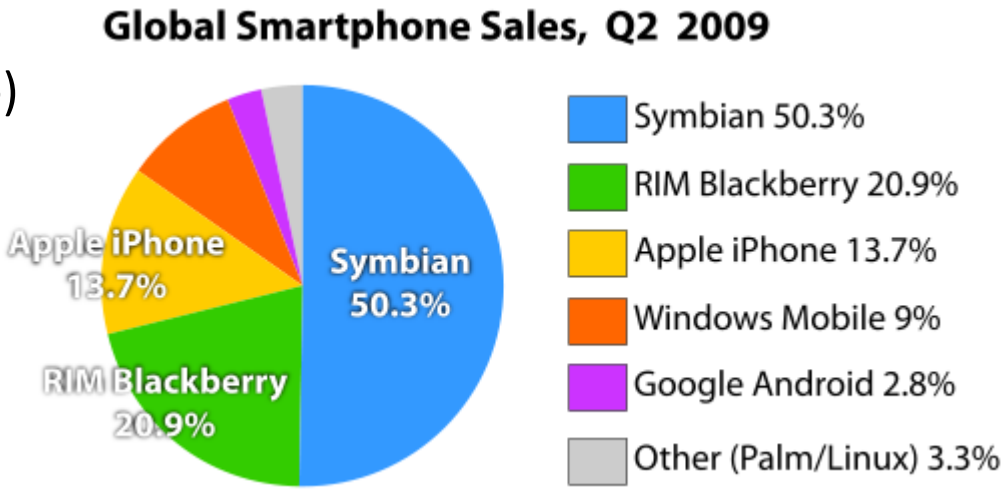
- Valós idejű működés
- Megbízhatóság, rendelkezésre állás
- Egy OS nem képes ezeket a nagyon eltérő igényeket kielégíteni

uC/OS

FreeRTOS

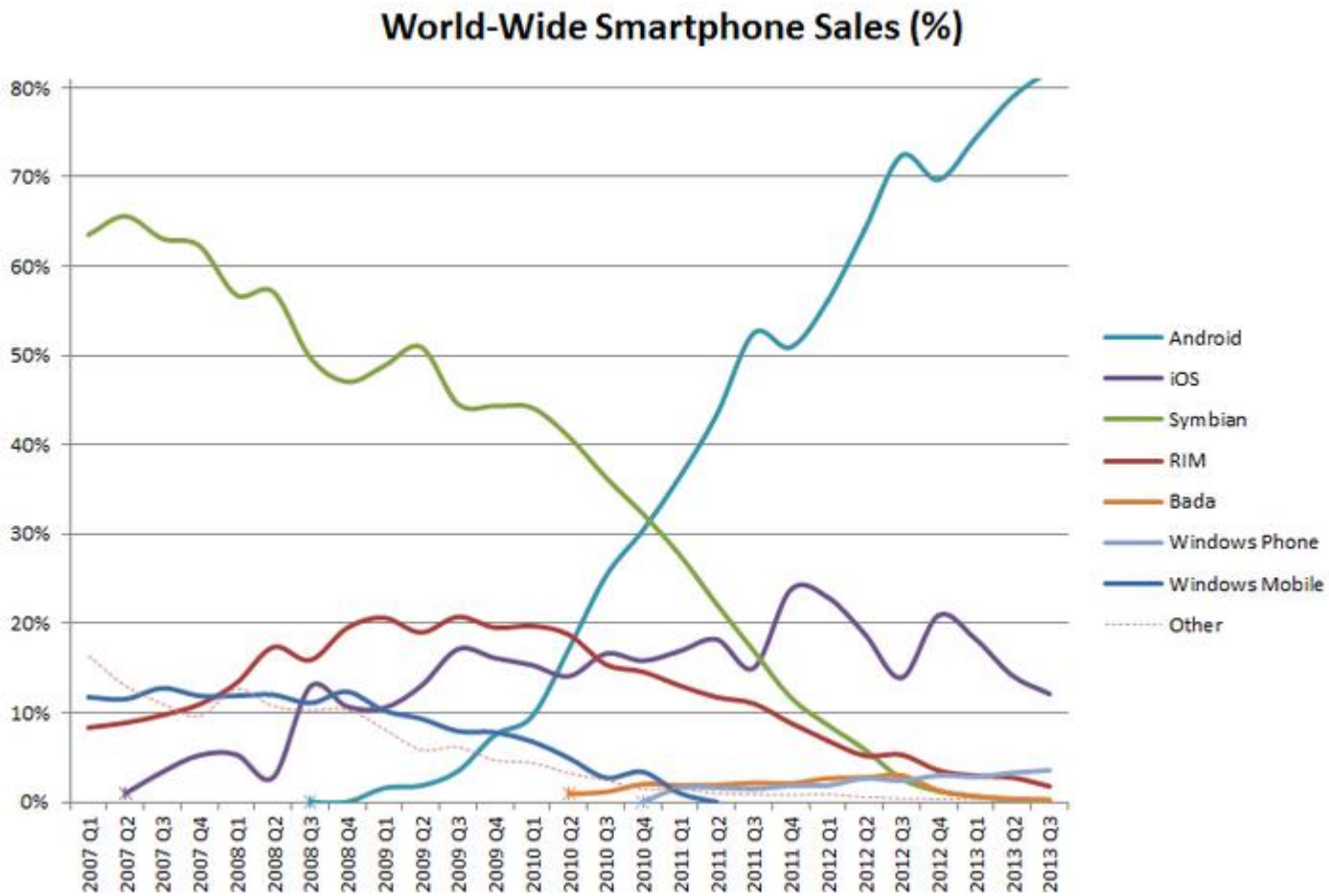
Mobile OS (2010, először tartom az OPRE-t)

- Mobil beágyazott rendszerek
- Napjainkban összemosódik a kliens operációs rendszerekkel
- Követelmények
  - Speciális GUI, multitouch, szenzorintegráció, stb.
  - Telep/akkumulátor élettartam maximalizálása
  - Limitált erőforrások
  - Részben valós idejű funkciók (alacsony szintű kommunikáció)
  - Heterogén architektúra
    - User CPU
    - kommunikációs DSP
    - Videó/3D feldolgozás



Mobile OS (6 éve tartom az OPRE-t)

- Mobil beágyazott rendszerek
- Napj
  klien
- Köve
  - Sp
    gy
  - Te
    m
  - Li
  - Ré
    (a
  - He



Valós idejű (real-time) rendszer

- A rendszer adott eseményekre adott időn belül adott valószínűséggel válaszol (egyébként hibás a válasz, hiába funkcionálisan jó a válasz)
  - Pl. Vetélkedő a TV-ben
- Fajtái:
  - **Lágy valós idejű (soft real-time): A valószínűség < 1, de elég közel van egyhez.**
    - Akkor használjuk, ha a határidők nem teljesítésének nincsenek katasztrofális következményei, azok bizonyos szintig elviselhetőek
    - A rendszer „időnként” késhet
    - Service Level Agreement (a szolgáltatás minősége)
    - NEM feltétlenül prioritásos a működése, de leggyakrabban az
  - **Kemény valós idejű (hard real-time): A valószínűség = 1.**
    - **Ha nem válaszol időben, a válasz rossz...**
    - A határidők nem teljesítésének katasztrofális következményei vannak
    - **„A rendszer NEM késhet!”**
- Hogyan bizonyítjuk?

Valós idejű (real-time) rendszer 2.

- A válaszra megadott időintervallum nagyságára a definíció nem mond semmit
  - Az erősen függ az alkalmazástól
    - Lassú kémiai folyamat esetén akár órák, jármű esetén jóval kisebb (ms alatt)
- Valós idejű operációs rendszer:
  - Felépítéséből következően megadott szolgáltatásai képesek valós időben működni.
    - Például a HW megszakítás után a megszakításhoz tartozó kód futása adott időintervallumon belül (többnyire néhány us) megtörténik
    - A futtatott alkalmazásnak is valós idejűnek kell lennie, a valós idejű OS csak lehetővé teszi a valós idejű működést
    - A Linux és a Windows nem ilyen, nem adható ilyen garancia
      - Mindkettőhöz létezik viszont ilyen garanciák megadását lehetővé tévő kiterjesztés (RTLinux, Windows: pl. Ardence RTX)

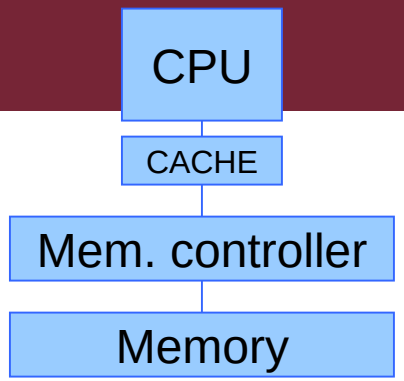
HW architektúrák

- Sokféle van, még pl. x86 PC esetén is…
- Szerencsére a különbségeket elfedheti az operációs rendszer:
  - Pl. egy jól megírt Linux alkalmazás képes futni pl. egy régi P3-as PC-én is, és a legújabb sokmagos Core i7 PC-n is.
    - Legfeljebb nem használja ki a több végrehajtó egységeget, csak az egyiket.
  - Sőt, újrafordítva megy egy ARM architektúrájú gépen is.
    - HW közeli rétegek cseréjével persze...
    - Pl. Linux on Raspberry PI-n vagy Beagleboard-on
  - Ugyanakkor tisztában kell lennünk, mi zajlik a háttérben
    - Sőt, egyre gyakrabban kell belenéznünk az OS belsejébe is

Számítógép arhitektúrák

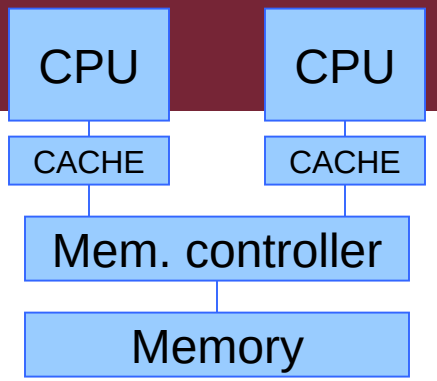
- Az OS belső működése függ attól, hogy:
  - Hány és hogyan összekapcsolt processzort tartalmazó számítógépen fut?
  - Hogyan szervezzük a memóriát?
  - Hogyan kommunikálunk a perifériákkal?
- Homogén többprocesszoros rendszerben gondolkodunk
  - Azonos processzorok…
- Csoportosítás
  - Single CPU (Uniprocessor)
  - Symmetric multiprocessing
  - Non-Uniform Memory Access

Single CPU (Uniprocessor)



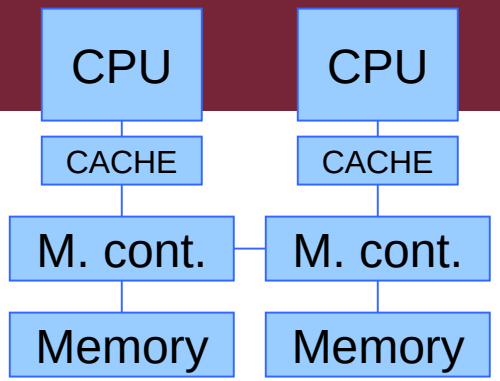
- Egy végrehajtó egység (single CPU)
  - Néhány évvel korábban ez volt a jellemző
  - Beágyazott rendszerekben ma is ez a jellemző!
    - A MCU-k (mikrovezérlő) jellemzően egymagosak
    - Teljesítményben skálázhatóak (architektúra+órajel) egyelőre
- DMA, ha van, párhuzamosan kezeli a memóriát a CPU-val
  - Versenyhelyzet a DMA vezérlő és a CPU között
    - Input: DMA transzfer ⇨ IT ⇨ CPU kezeli az adatokat
  - A CACHE koherencia sérülhet!
    - Egész CACHE érvénytelenítése/tiltása (a transzfer alatt)
      - Egyszerű, de katasztrofális a hatása a teljesítményre
    - DMA-val kezelt memóriaterületre tiltani kell a CACHE-t (pl. MMU, később)
    - CACHE koherens DMA (HW támogatás)

SMP



- Symmetric multiprocessing
  - Több, azonos végrehajtó egység
    - Több CPU, vagy CPU mag
    - Például: AMD Phenom vagy Athlon X2, Intel C2D/C2Q
  - Esetleg saját CACHE hierarchiával
    - CACHE koherencia biztosításával
  - Közös buszon/vezérlőn a memória
    - A memóriát minden végrehajtó egység azonos tulajdonságokkal (sebesség, késleltetés) éri el
  - Muticore MCU-k megjelenése
    - ARM15, ARM11 MPCore, ARM Cortex-A9 MPCore
    - A CPU mag olcsó (relatív kis felületet használ a félvezetőn)
    - A beágyazott területen is szerepet kap az SMP
  - OS támogatás kell hozzá (egyébként 1 CPU látható)

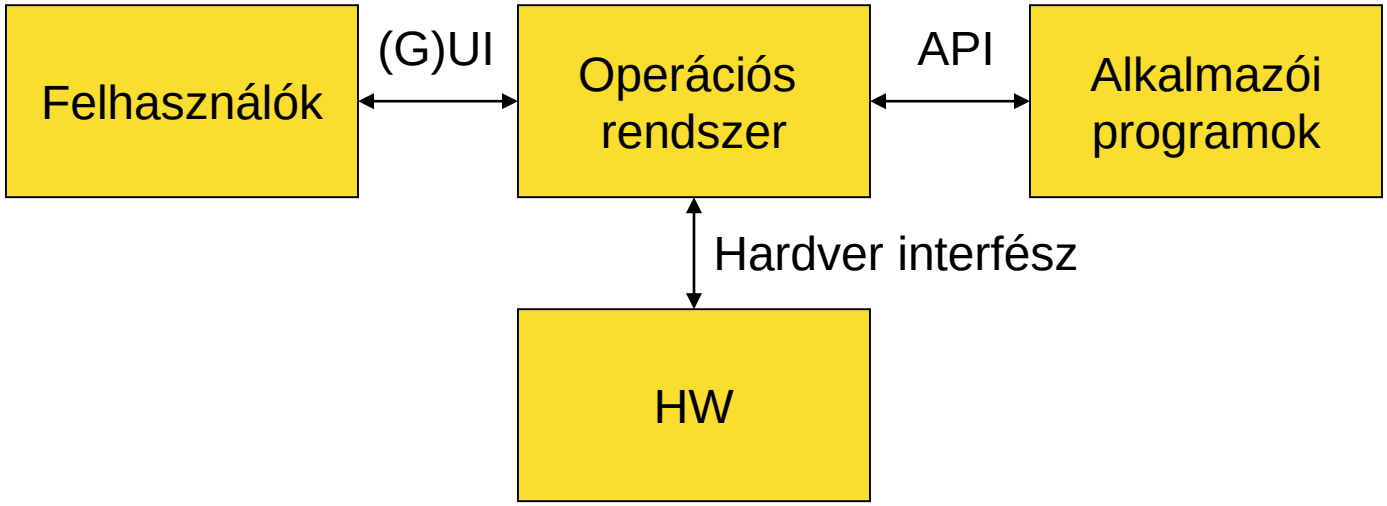
NUMA



Non-Uniform Memory Access

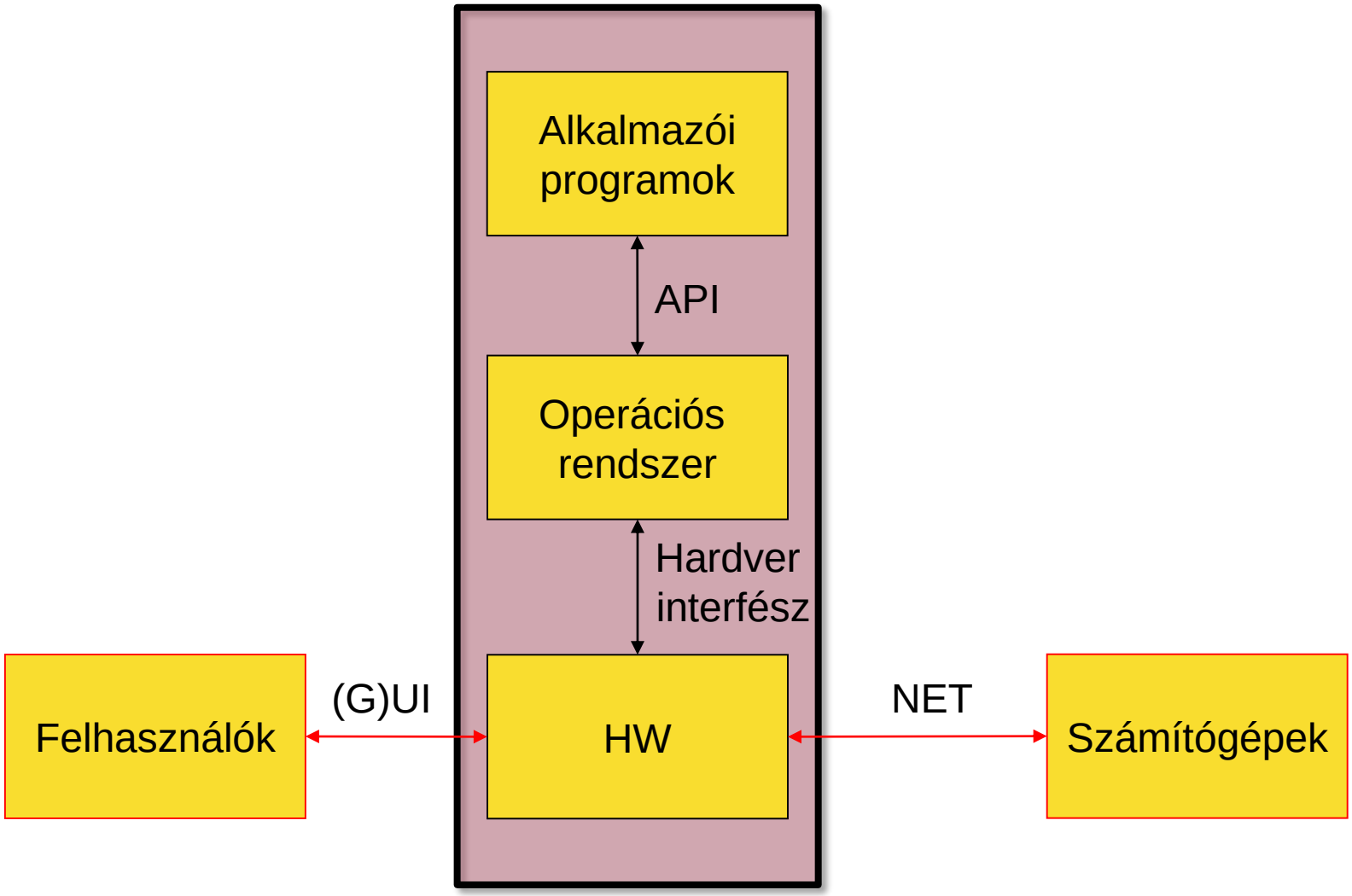
- A memória egyes része „közelebb” vannak egyes végrehajtó egységekhez mint másokhoz
- Összefüggő fizikai memória
- Cache koherencia
  - CACHE koherens (ccNUMA)
  - nem CACHE koherens
- A memóriavezérlők egy speciális kommunikációs felületen csatlakoznak
  - QPI az Intelnél, vagy Hypertransport az AMD-nél
- Pl. AMD Opteron vagy a Intel Core i7 alapú szerver processzorok több CPU esetén ccNUMA architektúrát is használhatnak (CPU-n belül SMP van)
- OS támogatás (egyébként 1 CPU látható)

Az operációs rendszer és környezete



- Nagyon fontos, hogy a felhasználó és az alkalmazói programok, valamint a HW és az alkalmazói programom nincsenek direkt kapcsolatban egymással
- Minden az OS-en keresztül történik!
  - Teljesítmény okokból van kivétel az általános célú OS-ekben, pl. grafikus alrendszer…
- Egyes beágyazott operációs rendszerekben is vannak kivételek...

Az operációs rendszer és környezete 2.



Hogyan irányít az OS?

- Kontrollálnia kell a felhasználó alkalmazások működését, hogy azok egymásnak és magának az OS-nek ne tudjanak kárt okozni!
- A védelem HW szintű…
  - És a hardverre (perifériák) is vonatkozik

Hardver kezelés

- Általános és speciális CPU regiszterek
- Központi tár (memória)
- I/O portok (spec. I/O utasítások)
- Memóriába leképzett I/O portok (memória írás/olvasás)
  - Késleltetés és rendelkezésre álló sávszélesség
- DMA (Direct Memory Access)
  - DMA vezérlő (HW specifikus), fel kell programozni
  - A processzort megkerülve lehet adatot a periféria és a memória között mozgatni
  - Gyorsabb, a mozgatás nem igényel processzor műveleteket, de veszélyes lehet (CPU cache)
- Megszakítás (Interrupt)
  - Megszakítás vezérlő (HW specifikus)
  - Különböző szinteken tiltható és engedélyezhető
  - Ha az adott megszakítás engedélyezve van, és a megszakítás beérkezik, akkor a CPU áttér a megszakításhoz tartozó IT rutin végrehajtására (a részletek erősen hardver függőek)

Védelmi szintek a CPU-ban

- Hierarchikus védelmi szintek (CPU privilege levels)
  - 1960 évek közepén jelenik meg (Multics, később UNIX támogatására)
  - Váltani kell közöttük: Erre szolgál a rendszerhívás (system call)
- A modern általános célú processzorok támogatják ezt a funkciót
  - Alacsony szintű CPU erőforrásokhoz történő hozzáférést szabályozza
    - Végrehajtható utasítások
    - CPU konfigurációs regiszterek
    - I/O végrehajthatósága
    - Memória területek elérése
  - Pl. x86 (286/386-tól), ARM Cortex Ax sorozat, stb.
  - Mikrovezérlők (microcontroller) nem támogatják, pl. Atmel AVR, ARM Cortex Mx sorozat, stb.
- 2 vagy 4 szint
  - Jellegzetesen 2-őt használunk
    - User mode (real mode) – korlátozott elérés
    - Kernel mode (protected mode) – korlátlan elérés
  - Esetleg egy 3. is felhasználásra kerül
    - Driver és/vagy kernel service mode

Memory Management Unit (MMU)

- Speciális HW a CPU-ban
- Az MMU feladatai
  - Memória állapotának nyilvántartása
    - Tulajdonos folyamat azonosítója
    - Hozzáférési jogosultságok (ACL)
    - CACHE-elhetőség, ha van CACHE (pl. DMA)
  - Virtuális memória leképzése fizikai memóriára
    - Pl. Translation lookaside buffer (TLB)
    - Kontextus váltásnál ezt is kezelni kell (ha van)
    - Pagefile vagy SWAP (HDD)
  - Memória védelem
    - Tiltott memória hozzáférés megakadályozása vagy legalább jelzése (ACL alapján)
    - General Protection Fault (GPF) a Windows-ban
- Részletesen beszélünk róla később
- Linux, Windows, Windows CE, futtatásához szükséges
- Egyes mikrovezérlő Memory Protection Unitot (MPU) tartalmaznak
  - Csak védelem, nincs virtuális memória kezelés

Megszakítás

- Típusai
  - x86 terminológia, más architektúrák nem különböztetik meg ezeket ennyire, de nekünk ez a megközelítés szemléletes…
  - Hardver: periféria használja értesítésre, időzítő, hálózati kártya, stb. jelzi a kiszolgálási igényét
    - Külső esemény hat a processzor működésére
    - Egy periféria számos okból kérhet kiszolgálást
  - Kivétel (exception) : a rendszer (OS és alkalmazások) futása közben történő esemény (laphiba, numerikus túlcsordulás, nullával történő osztás, védelmi szintnek nem megfelelő működés, vagy egyéb forrás)
    - A processzor belsejéből származó esemény, hibát vagy valamilyen szoftveres kezelési igényt jelent
  - Szoftver esemény (pl. rendszerhívás), speciális utasítás végrehajtása
    - Az éppen futó szoftver hat a CPU működésére, megváltoztatja azt
- A modern operációs rendszerek megszakítás vezéreltek.

Hardver megszakítás

- Külső hardver elem kiszolgálási igényének a jelzésére
- Óra megszakítás (különösen fontos)
  - ML1 (Aki még emlékszik rá!)
    - Adott órajelű oszcillátor
    - Programozható számláló számlálja az impulzusokat
    - Adott számú impulzus után kér egy HW megszakítást
  - A megszakítás futtatja az OS-t (ütemezőt)
  - Ugyan ebből az óra megszakításból kerül származtatásra a rendszeróra
  - Periodikus vagy egyszeri várakozás
    - A felbontás az órajel periódusideje (tipikusan 1-20 ms között, tipikusan 10 ms)

Rendszerhívás

- Mi az a rendszerhívás?
  - Kiindulás: A processzor alkalmazói programot futtat
  - A rendszerhívás lényegében megszakítja azt (szoftver megszakítás), és átadja a vezérlést a kernelnek (állapot mentés és visszaállítás, context switch)
  - A kernel elvégzi a munkáját
  - Visszaadja a futás jogát az alkalmazói programnak (állapot mentés és visszaállítás, context switch)
- Hogyan történik a rendszerhívás?
  - Erősen implementáció függően...
- Mi a következménye a rendszerhívásnak
  - Nagy overhead-je van, sok CPU időt emészt fel
    - Rendszer állapotának mentése és visszaállítása 2 alkalommal
  - Minimalizálni kell az alkalmazott rendszerhívások számát
  - A CPU védelmi szintet is vált: user-kernel-user
- A rendszerhívás nem vermet használ a paraméterek átadására, teljesen máshogy működik, mint egy függvény vagy eljáráshívás!

Mi a része a kontextusnak?

- CPU regiszterek
  - PC, Státusz regiszter, munkaregiszterek, szegmens regiszterek, stb.
  - Pl. Linux esetén a kernel kontextusnak nem részei a lebegőpontos regiszterek
    - Következmény: A Linux kernelben nem használhatunk lebegőpontos aritmetikai műveleteket!
- MMU beállításai
  - Az adott alkalmazás memóriájának eléréséhez szükséges beállítások
- Egyéb alkalmazás specifikus HW beállítások
- Az egyik legkomolyabb feladat meghatározni, hogy mit kell, és mit érdemes elmenteni/visszaállítani.

Rendszerhívás a programozó szemében

- A programozó az API függvényt hívja meg a használt programozási nyelvenn
  - Pl. C nyelv esetén
    - Windows: windows.h
    - Linux: glibc
  - Az API rejti el a programozók elől a rendszerhívás részleteit
    - Lényegében egy magas szintű C wrapper a rendszerhívások körül
  - Az API megvalósítása az alkalmazásba fordul bele, vagyis felhasználói módban fut, és kiváltja a rendszerhívást
  - A rendszerhívások kezelésére az OS is tartalmaz egy komponenst, az már kernel módban fut
  - Később részletesen bemutatjuk példával
- Direktbe is meghívható a rendszerhívás, de extrém esetektől eltekintve nem ajánlott a direkt használata!

I/O műveletek

- Az alkalmazói programok nem hajthatnak végre alacsony szintű I/O műveleteket (user mode)
- Az I/O műveletek ezért rendszerhívásokon keresztül valósulnak meg
- A rendszerhívás hatására az azt kiváltó program vár az I/O művelet befejezésére
- Más program addig futhat
- A kernel hajtja végre az alacsony szintű I/O műveletet (kernel mode)
- Az I/O művelet lezajlását a periféria megszakítással jelzi
- A megszakítás hatására az OS fut, és dönthet a további teendőkről (pl. ismét az I/O műveletre váró feladatot futathatja)
- Az I/O művelet végén az alkalmazói program visszatér a rendszerhívásból

OS-ek általános belső felépítése, rétegek 1.

- Réteges szerkezet
  - Strukturáltság és futási idejű hatékonyság optimumát kell megkeresni
  - A rétegek határán egy virtuális gép valósul meg
    - Magas szintű funkciók, virtuális utasításkészlet
  - A legalacsonyabb szinten a valódi CPU és perifériák által megvalósított valódi gép található

OS-ek általános belső felépítése, rétegek 2.

- Rétegek
  - Kernel (az operációs rendszer legalapvetőbb funkcióit tartalmazó rendszermag)
    - Feladatok kezelése, tár (memória) kezelés, védelmi és biztonsági funkciók
  - Hardver közeli réteg (driverek, többnyire valamilyen hierarchiába rendezve)
    - Alacsony szintű hardver kezelés, hálózat, keyboard, egér, képernyő, stb.
  - Rendszerprogramok (rendszerfolyamatok és alrendszerek az egyéb funkciók megvalósítására)
    - Filerendszer, magasabb szintű hálózatkezelés (TCP/IP), parancsértelmező, stb.
  - Felhasználói programokból érkező rendszerhívások fogadó felületét megvalósító réteg
    - API megvalósítása különböző célnyelveken (target language)
    - Az API leképzése rendszerhívásokra
    - Védelmi szintek váltása
    - Rendszerhívás ellenőrzése (paraméterek, jogosultságok, stb.)
    - A feladatok elvégzése (kernelben)

Operációs rendszer kialakítások

- Monolitikus kernel
  - Az összes szükséges funkció összefordítva egyetlen programba
  - Nem flexibilis, a lehetséges hardver elemeket be kell fordítani a kernelbe
  - Egy komponens hibája a teljes operációs rendszer hibáját okozza
  - Beágyazott rendszerekre jellemző (nem változik a HW)
- Moduláris kernel
  - Minimális kernel, és utólagosan, igény szerint, dinamikusan betölthető kernel modulok, flexibilis
  - Egy komponens hibája a teljes operációs rendszer hibáját okozza
  - Újabb Linux kernelek, Windows
- Mikrokernel
  - Minimális funkciókkal rendelkező kernel, és ahhoz kliens-szerver architektúrában csatlakozó szolgáltatások
    - Többnyire 3 védelmi szintet használva
  - Erőforrás igényesebb
  - A kernel védett még a hozzá csatlakozó szolgáltatásoktól is
  - Mac OS X
- Exokernel (új kutatási terület)
  - Direkt alkalmazás hozzáférés egyes perifériákhoz (hatékonyság)

Réteges szerkezet példák

- Linux
  - Alapesetben egy monolitikus kernel mag és modulárisan betölthető kernel modulok alkotják
    - Modul kezelő parancsok: modprobe, insmod, lsmod, rmmod
  - Képes monolitikus kialakításban működni
    - Minden drivert és szolgáltatást belefordítunk a kernelbe
      - A modul kezelésre sincs szükség ekkor, kihagyható
    - Nem flexibilis, de sokszor erre nincs is szükség
      - Pl. Nem változik a HW
      - Ez beágyazott rendszerekben előnyös (kis méret, gyorsabb)
- Windows
  - Moduláris kernel
- Apple OS X
  - Darwin
    - Mach 3.0 mikrokernel + FreeBSD (Berkeley Software Distribution) UNIX
    - Erősen objektum-orientált keretrendszer
    - Hatékony, mert kevés típusú HW-re erősen optimalizált

OS elindulás 1.

- Bootstrap process
- PC és szerverek
  - Init/RESET vector (CPU)
  - BIOS/EFI (firmware)
    - POST (Power on self test)
    - HW perifériák keresése és inicializálása
    - Boot média meghatározása
  - BOOT sector (HDD típusú tároló)
  - 2. szintű boot loader (GRUB, LILO, NTLDR)
  - OS betöltődik majd elindul
    - HW újraprogramozása (device driver BIOS/EFI helyett)
    - Védelmi szint váltás (kernel módra vált)
    - További inicializálások már kernel módban

OS elindulás 2.

- Bootstrap process
  - Beágyazott rendszer (PC is BIOS/EFI szinten)
    - OS image ROM-ban (ROM v. flash, esetleg tömörítve)
    - ROM-ból futtatható (Harvard architektúra esetén nincs más lehetőség)
    - RAM-ba másolható (esetleg kitömörítés után) majd onnan futtatható
- Leállás (teljes kikapcsolás vagy pl. hibernáció)
  - Biztonságos leállás
    - Energiatakarékos működés részletei
    - HW leállítása vagy altatása (low power mode)
  - Konzisztens állapotban hagyni a nem felejtő tárolókat (HDD)