

Záróvizsga tételek

17. Operációs rendszerek

Operációs rendszerek

Folyamatok megvalósítása, ütemező algoritmusai. Párhuzamosság, kritikus szekciók, kölcsönös kizárás megvalósítása. Peterson algoritmus. Szemaforok, osztott memória, üzenetküldés. Be-és kimeneti eszközök ütemezési lehetőségei, holtpontok. Memóriakezelés, virtuális memóriakezelés fogalma. Lapozás és szegmentálás. Lapcserélési algoritmusok (pl: LRU). Háttértárak, redundancia, fájlrendszerek, alapvető típusaik és szolgáltatásaik, jellemzőik.

1 Operációs rendszer

Olyan programrendszer, amely a számítógépes rendszerben a programok végrehajtását vezérli: így például ütemezi a programok végrehajtását, elosztja az erőforrásokat, biztosítja a felhasználó és a számítógépes rendszer közötti kommunikációt. Olyan program, ami egyszerű felhasználói felületet nyújt, eltakarva a számítógép(rendszer) eszközeit.

2 Folyamatok megvalósítása, ütemező algoritmusai

2.1 Folyamatok megvalósítása

Program: fájlrendszerben egy bájt-halmaz.

Folyamat(processz): futó program a memóriában (kód + I/O adatok + állapot).

Egyszerre hány folyamat működik?

Valódi multitask esetén egymástól teljesen függetlenül mennek a folyamatok. Operációs rendszerek egy szekvenciális modellt követnek, ami álmultitasking. Itt egyidejűleg a memóriához csak egy folyamat fér hozzá, gyorsan váltogat a dolgok között (multiprogramozás).

Az operációs rendszernek ahhoz, hogy ezeket a folyamatokat helyesen tudja kezelni, felügyelnie kell a folyamatokat. Az operációs rendszerünk így minden egyes folyamatot nyilvántart, és az operációs rendszer lelkének is nevezett ütemező (scheduler) segítségével szépen sorban minden egyes folyamatnak ad egy kis processzor- (CPU) időszelést, amíg az adott folyamat dolgozik, azaz a processzorra kerülhet. *Rendszer modell*: 1 processzor + 1 rendszer memória + 1 I/O eszköz = 1 feladat-végrehajtás

Interaktív (ablakos) rendszerekben több program, processz fut.

- Környezetváltós rendszer: csak az előtérben lévő alkalmazás fut
- Kooperatív rendszer: az aktuális processz bizonyos időközönként, vagy időkritikus műveletnél önként lemond a CPU-ról (Win 3.1)
- Preemptív rendszer: az aktuális processztől a kernel bizonyos idő után elveszi a vezérlést, és a következő várakozó folyamatnak adja.

- Real time rendszer: egy operációs rendszer nyújtson lehetőséget az időfaktor figyelembe vételéhez. A mai OR-ek kezdenek ilyen tulajdonságokkal is kiegészülni.

Folyamatok létrehozása: ma tipikusan preemptív rendszereket használunk. Létrehozás oka lehet: rendszer inicializálás, folyamatot eredményező rendszerhívás (másolat az eredetiről [fork], az eredeti cseréje [execve]), felhasználói kérés (parancs&), nagy rendszerek kötegetelt feladatai.

A folyamatok futhatnak az előtérben, illetve a háttérben. Ez utóbbiakat hívjuk démonoknak.

Folyamatok kapcsolata: Szülő-gyermek kapcsolat, folyamatfa: egy folyamatnak egy szülője van, egy folyamatnak viszont lehet több gyereke is, vannak összetartozó folyamatcsoportok.

Reinkarnációs szerver: meghajtó programok, kiszolgálók elindítója, ha elhal az egyik, akkor azt újraszüli, reinkarnálja.

Folyamatok befejezése: Egy folyamat az elindulása után a megadott időkeretben (el)végzi a feladatát. A befejezés lehet önkéntes vagy önkéntelen.

- Önkéntes befejezések: Szabályos kilépés (exit, return stb.), Kilépés valamilyen hiba miatt, amit a program felfedez (szintén pl. return utasítással).
- Önkéntelen befejezések: Illegális utasítás, végzetes hiba (0-val osztás, nem létező memória használat, stb), Külső segítséggel: Másik processz, netán mi „lőjük” ki az adott folyamatot.

Folyamatok állapota: A folyamat önálló programegység, saját utasításszámlálóval, veremmel stb. Általában nem függetlenek a folyamatok, egyik-másik eredményétől függ a tevékenység. Egy folyamat három állapotban lehet:

- Futó
- Futásra kész, ideiglenesen leállították, arra vár, hogy az ütemező CPU időt adjon a folyamatnak
- Blokkolt, ha logikailag nem lehet folytatni a tevékenységet, mert pl. egy másik eredményére vár. (cat-Fradi.txt|grepFradi|sort, grep és sort blokkolt az elején)

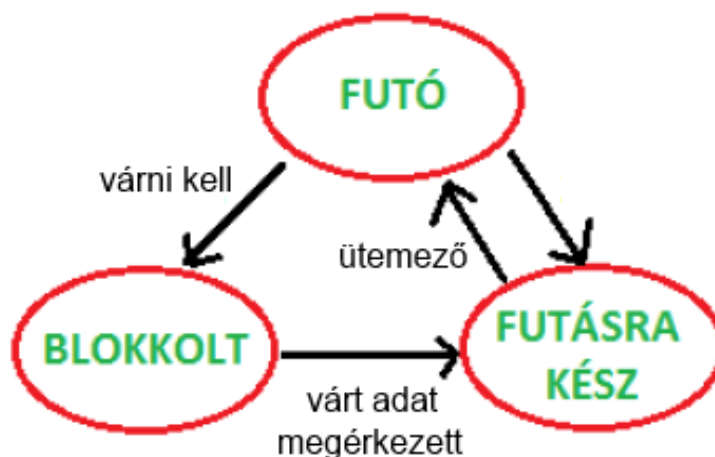


Figure 1: Állapotátmenetek

További állapotok: alvó, megállított, zombi (ha egy gyermek folyamat befejeződik, de szülője nem hív wait(&st) hívást, akkor a gyermek bent marad a processztáblában, init folyamat törli ezeket).

Folyamatok megvalósítása: A processzor csak végrehajtja az aktuális utasításokat. Egyszerre egy folyamat aktív. Folyamatokról nem tud a processzor. Ha lecseréljük az aktív folyamatot a következőre, akkor mindent meg kell őrizni, hogy visszatérhessünk a folytatáshoz. A „minden”: utasításszámláló, regiszterek, lefoglalt memória állapot, nyitott fájl infók, stb. Ezeket az adatokat az úgynevezett folyamatleíró táblában tároljuk (processz tábla, processz vezérlő blokk). Van egy I/O megszakításvektor is.

A folyamatokat úgy is osztályozhatjuk, hogy számításigényes vagy input/output-igényes (avagy beviteli/kiviteli,

röviden B/K vagy I/O) folyamatról van-e szó. Könnyen belátható, hogy a számításigényes folyamatoknak az a legjobb, ha az ütemező általában hosszú időperiódusra adja meg nekik a processzort, míg az input/output-igényes folyamatoknak a rövidebb periódusidő a megfelelőbb.

2.2 Ütemező algoritmusok

Folyamatok váltása: Kezdeményezheti időzítő, megszakítás, esemény, rendszerhívás kezdeményezés. Az ütemező elmenti az aktuális folyamat jellemzőket a folyamatleíró táblába. Betölti a következő folyamat állapotát, a processzor folytatja a munkát. Nem lehet menteni a gyorsítótárakat. Gyakori váltás többteleterőforrást igényel. A folyamatváltási idő „jó” megadása nem egyértelmű.

Folyamatleíró táblázat (Process Control Block - PCB): A rendszer inicializálásakor létrejön; 1 elem, rendszerindító már bent van, mikor a rendszer elindul. Tömbszerű szerkezet (PID alapon), de egy-egy elem egy összetett processzus adatokat tartalmazó struktúra. Egy folyamat fontosabb adatai: Azonosítója (ID), neve (programnév); Tulajdonos, csoport azonosító; Memória, regiszter adatok stb.

Szálak: Önállóan működő programegységek (thread), egy folyamaton belüli különálló utasítássor. Általában egy folyamat = egy utasítássorozat = egy szál. Néha szükséges lehet, hogy egy folyamaton belül „több utasítássorozat” legyen. Gyakran „lightweight process”-nek nevezik a több utasítássorozatos folyamatot. Egy folyamaton belül több egymástól „független” végrehajtási sor lehet. Lehet egy folyamaton belül egy szál vagy egy folyamaton belül több szál. Ez utóbbi esetben, ha egy szál blokkolódik, a folyamat is blokkolva lesz. Van külön száltáblázat.

Folyamatnak önálló címtartománya van, globális változói, megnyitott fájlleírói, gyermekfolyamatai, szignálkezelői, ébresztői stb., szálnak ezek nincsenek; viszont mindkettőnek vannak utasításszámlálói, regiszterei, van verme.

Egyszerre csak 1 folyamat tud futni. Az ütemező hozza meg a döntést. Ütemezési algoritmus alapján dönti el, hogy melyik fusson.

Folyamatváltás biztosan van: ha befejeződik egy folyamat, vagy ha egy folyamat blokkolt állapotba kerül (I/O vagy szemafor miatt). Általában van váltás: ha új folyamat jön létre, I/O megszakítás bekövetkezés (I/O megszakítás után jellemzően egy blokkolt folyamat, ami erre várt, folytathatja futását), időzítő megszakítás (nem megszakítható ütemezés, megszakítható ütemezés).

Ütemezések csoportosítása:

- Minden rendszerre jellemző a pártatlanság, hogy mindenki hozzáférhet a CPU-hoz, ugyanazok az elvek érvényesek mindenkire, és „azonos” terhelést kapnak.
- Kötegelt rendszerek: Áteresztőképesség, áthaladási idő, CPU kihasználtság
- Interaktív rendszerek: Válaszidő, megfelelés a felhasználói igényeknek
- Valós idejű rendszerek: Határidők betartása, adatvesztés, minőségromlás elkerülése

Ütemezés kötegelt rendszerekben:

- Sorrendi ütemezés, nem megszakítható
 - First Come First Served - (FCFS)
 - Egy folyamat addig fut, amíg nem végez, vagy nem blokkolódik.
 - Ha blokkolódik, a sor végére kerül.
 - Pártatlan, egyszerű, láncolt listában tartjuk a folyamatokat.
 - Hátránya: I/O igényes folyamatok nagyon lassan végeznek.
- Legrövidebb feladat először, nem megszakítható ez se (shortest job first – SJB)
 - Kell előre ismerni a futási időket

- Akkor optimális, ha kezdetben mindenki elérhető
- Legrövidebb maradék futási idejű következzen
 - Megszakítható, minden új belépéskor vizsgálat.
- Háromszintű ütemezés
 - Bebocsátó ütemező: A feladatokat válogatva engedi be a memóriába.
 - Lemez ütemező: Ha a bebocsátó sok folyamatot enged be és elfogy a memória, akkor lemezre kell írni valamennyit, meg vissza. Ez ritkán fut.
 - CPU ütemező: A korábban említett algoritmusok közül választhatunk.

Ütemezés interaktív rendszerekben:

- Körben járó ütemezés – Round Robin
 - Mindenkinek időszelet, aminek végén, vagy blokkolás esetén jön a következő folyamat
 - Időszelet végén a körkörös listában következő lesz az aktuális folyamat
 - Pártatlan, egyszerű
 - Egy listában tárolhatjuk a folyamatokat (jellemzőit), és ezen megyünk körbe-körbe.
 - Időszelet mérete lehet probléma, mert a processz átkapcsolás időigényes. Ha kicsi az idő, akkor sok CPU megy el a kapcsolgatásra, ha pedig túl nagy, akkor interaktív felhasználóknak lassúnak tűnhet pl a billentyűkezelés.
- Prioritásos ütemezés
 - Fontosság, prioritás bevezetése. Unix: 0-49 nem megszakítható (kernel) prioritás, 50-127 user prioritás
 - Legmagasabb prioritású futhat. Dinamikus prioritás módosítás, különben éhenhalás
 - Prioritási osztályok használata. Egy osztályon belül Round Robin. Ki kell igazítani a folyamatok prioritását, különben az alacsonyak nagyon ritkán jutnak CPU-hoz. Tipikusan minden 100 időszeletnél a prioritásokat újraértékeli és ilyenkor jellemzően a magas prioritások alacsonyabbra kerülnek, majd ezen a soron megy RR. A végén újra felállnak az eredeti osztályok.
- Többszörös sorok
 - Szintén prioritásos és RR
 - Legmagasabb szinten minden folyamat 1 időszeletet kap
 - Következő 2-t, majd 4-et, 8, 16, 32, 64-et.
 - Ha elhasználta a legmagasabb szintű folyamat az idejét egy szinttel lejjebb kerül.
- Legrövidebb folyamat előbb
 - Bár nem tudjuk a hátralévő időt, de becsüljük meg az előzőekből.
 - Öregedés, súlyozott átlag az időszeletre: $T_0, T_0/2+T_1/2, T_0/4+T_1/4+T_2/2, T_0/8+T_1/8+T_2/4+T_3/2$
- Garantált ütemezés
 - Minden aktív folyamat arányos CPU időt kap.
 - Nyilván kell tartani, hogy egy folyamat már mennyi időt kapott, ha valaki arányosan kevesebb időt kapott, az kerül előbbre.
- Sorsjáték ütemezés

- Mint az előző, csak a folyamatok között „sorsjegyeket” osztunk szét, az kapja a vezérlést, akinél a kihúzott jegy van
- Arányos CPU időt könnyű biztosítani, hasznos pl. video szervereknél
- Arányos ütemezés
 - Vegyük figyelembe a felhasználókat is. Olyan, mint a garantált, csak a felhasználókra vonatkoztatva.

Ütemezés valós idejű rendszerekben

A valós idejű rendszerben az idő kulcsszereplő. Garantálni kell adott határidőre a tevékenység, válasz megadását.

- Hard Real Time (szigorú), abszolút, nem módosítható határidők.
- Soft Real Time (toleráns), léteznek a határidők, de ezek kis mértékű elmulasztása tolerálható.

A programokat több kisebb folyamatra bontják. Külső esemény észlelésekor, adott határidőre válasz kell. Ütemezhető: ha egységnyi időre eső n esemény CPU válaszidő összege ≤ 1 .

Gyakori a gyermek folyamatok jelenléte a rendszerben. A szülőnek nem biztos, hogy minden gyermekével azonos prioritásra van szüksége. Tipikusan a kernel *prioritásoz* ütemezést használ (+RR):

- Biztosít egy rendszerhívást, amivel a szülő a gyermek prioritását adhatja meg
- Kernel ütemez – felhasználói folyamat szabja meg az elvet, prioritást.

Szálütemezés:

- Felhasználói szintű szálak
 - Kernel nem tud róluk, a folyamat kap időszletet, ezen belül a szálütemező dönt ki fusson
 - Gyors váltás a szálak között
 - Alkalmazásfüggő szálütemezés lehetséges
- Kernel szintű szálak
 - Kernel ismeri a szálakat, kernel dönt melyik folyamat melyik szála következzen
 - Lassú váltás, két szál váltása között teljes környezetátkapcsolás kell
 - Ezt figyelembe is veszik.

3 Párhuzamosság, kritikus szekciók, kölcsönös kizárás megvalósítása

3.1 Párhuzamosság és megvalósítása

Ütemező a folyamatok gyors váltogatásával „teremt” párhuzamos végrehajtás érzetet.

Többprocesszoros rendszerekben több processzor van egy gépben, nagyobb a teljesítmény, de a megbízhatóságot általában nem növeli.

Klaszterek: megbízhatóság növelése elsősorban a cél.

3.2 Kritikus szekciók

Azokat az utasításokat, azt a programrészt, amelyben a programunk a közös adatokat használja, kritikus területnek, kritikus szekciónak vagy kritikus blokknak nevezzük.

Kulcskérdés: a közös erőforrások használata, amikor két folyamat ugyanazt a memóriát használja. Kritikus programterület, szekció, az a rész, mikor a közös erőforrást (memóriát) használjuk.

Versenyhelyzet: két vagy több folyamat közös memóriát ír vagy olvas, a végeredmény a futási időpillanattól függ. Nehezen felderíthető hibát okoz.

Megoldás: Módszer, ami biztosítja, hogy a közös adatokat egyszerre csak egy folyamat tudja használni.

3.3 Kölcsönös kizárás és megvalósítása

Kölcsönös kizárásnak nevezzük azt a módszert, ami biztosítja, hogy ha egy folyamat használ valamilyen megosztott, közös adatot, akkor más folyamatok ebben az időben ne tudják azt elérni.

A jó kölcsönös kizárás az alábbi feltételeknek felel meg:

- Nincs két folyamat egyszerre a kritikus szekciójában.
- Nincs sebesség, CPU paraméter függőség.
- Egyetlen kritikus szekción kívül levő folyamat sem blokkolhat másik folyamatot.
- Egy folyamat sem vár örökké, hogy a kritikus szekcióba tudjon belépni.

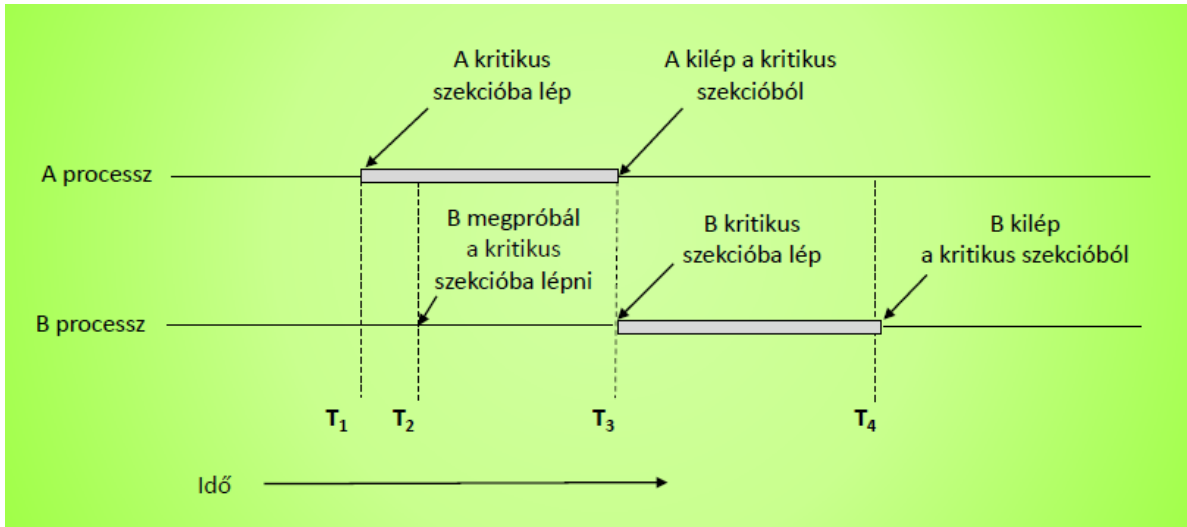


Figure 2: A megkívánt kölcsönös kizárás viselkedése

3.3.1 Megvalósítások

- Megszakítások tiltása (összes): Belépéskor az összes megszakítás tiltása, Kilépéskor azok engedélyezése. Ez nem igazán jó, mivel a felhasználói folyamatok kezében lenne a megszakítások tiltása, persze a kernel használja.
- Osztott, ún. zárolás változó használata: 0 (senki) és 1 (valaki) kritikus szekcióban van. Két folyamat is kritikus szekcióba tud kerülni! Egyik folyamat belép a kritikus szekcióba, de éppen az 1-re állítás előtt a másik folyamat kerül ütemezésre.
- Szigorú változtatás: Több folyamatra is általánosítható. A kölcsönös kizárás feltételeit teljesíti a 3. kivétellel, ugyanis ha pl 1 folyamat a lassú, nem kritikus szekcióban van, és a 0 folyamat gyorsan belép a kritikus szekcióba, majd befejezi a nem kritikus szekciót is, akkor ez a folyamat blokkolódik mert a $ko\text{vetkezo}=1$ lesz! (Saját magát blokkolja!)

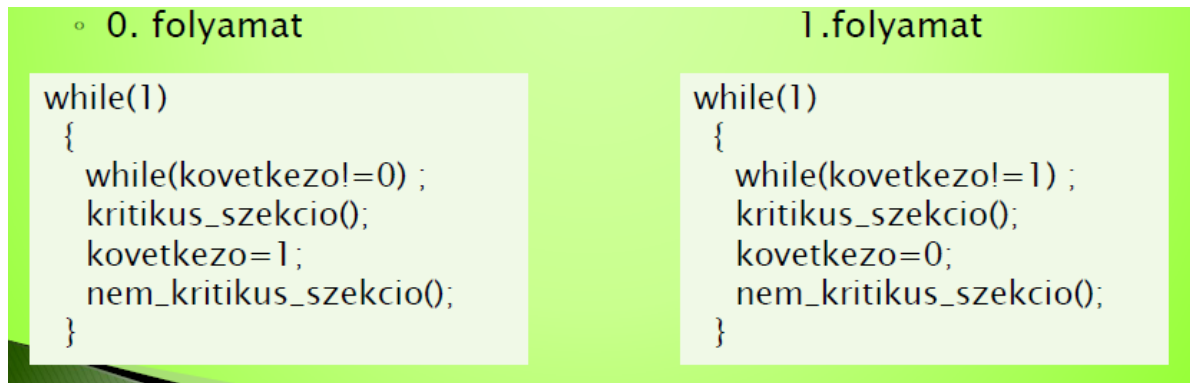


Figure 3: Szigorú változtatás

- G. L. Peterson javította a szigorú változtatást. A kritikus szekció előtt minden folyamat meghívja a belépés, majd utána kilépés függvényt.

```

#define N 2
int kovetkezo;
int akarja[N];
/* a módosított folyamat*/
while(1)
{
    belepes(processz);
    kritikus_szekcio();
    kilepes(processz);
    nem_kritikus_szekcio();
}

void belepes(int proc)
{
    int masik;
    masik=1-proc; //mivel N=2...
    // masik=(proc+1) % N;
    akarja[proc]=1; //processz futni akar
    kovetkezo=proc;
    while( kovetkezo==proc &&
           akarja[masik]);
}

void kilepes(int proc)
{
    akarja[proc]=0; //hamis
}

void belepes(int proc)
{
    int masik;
    masik=1-proc; //mivel N=2...
    // masik=(proc+1) % N;
    kovetkezo=proc; //két sor csere
    // itt van ütemező váltás
    akarja[proc]=1; //proc futni akar
    while( kovetkezo==proc &&
           akarja[masik]);
}

void kilepes(int proc)
{
    akarja[proc]=0; //hamis
}

```

Figure 4: Peterson javítása és a benne rejlő hiba

Ez a javítás viszont nagy hibát okozhat. Tegyük fel $proc=0$. A jelölt ütemezés váltásnál a $proc=1$ belépése jön. Mivel $akarja[0]$ értéke 0, ezért az 1-es processz belép a kritikus szakaszba! Ekkor újra váltson az ütemező, $akarja[1]=1$, a $kovetkezo$ értéke szintén 1, így a $kovetkezo==proc$ hamis, azaz a 0. $proc$ is belép a kritikus szakaszba!

- Tevékeny várakozás gépi kódban: TSL utasítás, Test and Set Lock. Ez atomi művelet, vagyis megszakíthatatlan.
- Tevékeny várakozás: A korábbi Peterson megoldás is, a TSL használata is jó, csak ciklusban várakozunk. A korábbi megoldásokat, tevékeny várakozással (aktív várakozás) megoldottnak hívjuk, mert a CPU-t „üres” ciklusban járattuk a várakozás során. De ez a CPU időt pazarolja. Helyette jobb lenne az, ha a kritikus szekcióba lépéskor blokkolna a folyamat, ha nem szabad belépnie. Az aktív várakozás nem igazán hatékony. Megoldás: blokkoljuk (alvás) várakozás helyett a folyamatot, majd ha megengedett ébresszük fel. Különböző paraméter megadással is implementálhatók. Tipikus probléma: Gyártó-Fogyasztó probléma vagy másképp korlátos tároló probléma. PL: Pék-pékség-Vásárló háromszög:
 - A pék süti a kenyeret, amíg a pékség polcain van hely.
 - Vásárló tud venni, ha a pékség polcain van kenyér.
 - Ha tele van kenyérrel a pékség, akkor „a pék elmegy pihenni”.
 - Ha üres a pékség, akkor a vásárló várakozik a kenyérre.

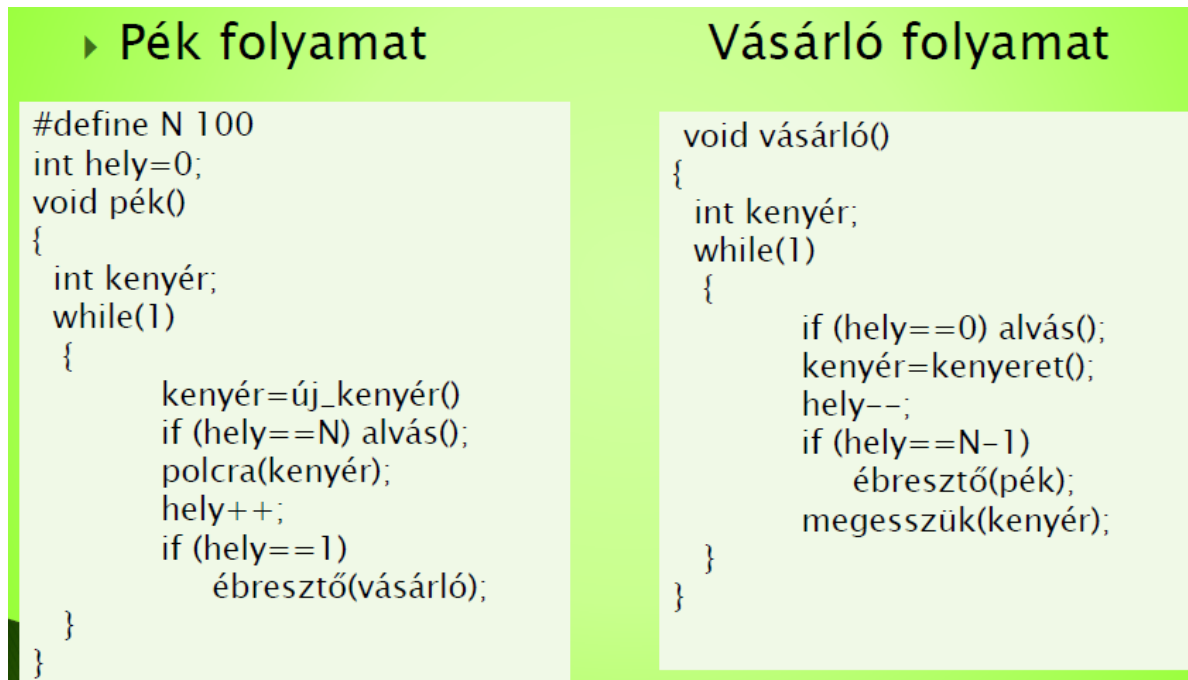


Figure 5: Gyártó-fogyasztó probléma egy megvalósítása

Ennél a megvalósításnál probléma lehet, hogy a „hely” változó elérése nem korlátozott, így ez okozhat versenyhelyzetet.

- Vásárló látja, hogy a hely 0 és ekkor az ütemező átadja a vezérlést a péknek, aki süt egy kenyeret. Majd látja, hogy a hely 1, ébresztőt küld a vásárlónak. Ez elveszik, mert még a vásárló nem alszik.
- Vásárló visszakapja az ütemezést, a helyet korábban beolvasta, az 0, megy aludni.
- A pék az első után megsüti a maradék $N-1$ kenyeret és ő is aludni megy

Lehet ébresztő bittel javítani, de több folyamatnál a probléma nem változik.

4 Szemaforok, osztott memória, üzenetküldés

4.1 Szemaforok

E.W. Dijkstra(1965) javasolta ezen új változótípus bevezetését.

- Ez valójában egy egész változó.
- A szemafor tilosat mutat, ha értéke 0. Ekkor a folyamat elalszik, megáll a tilos jelzés előtt.
- Ha a szemafor >0 , szabad a pálya, beléphetünk a kritikus szakaszra. Két művelet tartozik hozzá: ha beléptünk, csökkentjük szemafor értékét (down); ha kilépünk, növeljük a szemafor értékét (up). Ezeket Dijkstra P és V műveletnek nevezte.

Elemi művelet: a szemafor változó ellenőrzése, módosítása, esetleges elalvás oszthatatlan művelet, nem lehet megszakítani. Ez garantálja, hogy ne alakuljon ki versenyhelyzet.

Ha a szemafor tipikus vasutas helyzetet jelöl, azaz 1 vonat mehet át csak a jelzőn, a szemafor értéke ekkor 0 vagy 1 lehet. Ez a *bináris szemafor*, vagy más néven MUTEX (Mutual Exclusion), és kölcsönös kizárásra használjuk.

Rendszerhívással, felhasználói szinten nem biztosítható a műveletek atomiságának megvalósítása. Művelet elején például letiltunk minden megszakítást. Ha több CPU van, akkor az ilyen szemafort védeni tudjuk a TSL utasítással. Viszont ezek a szemafor műveletek kernel szintű, rendszerhívás műveletek. A fejlesztői környezetek biztosítják.



Figure 6: Gyártó-fogyasztó probléma megoldása szemaforokkal

Szabad: kenyér polcot (boltot) védi, hogy egy időben csak egy folyamat tudja használni (vagy a pék, vagy a vásárló): Kölcsönös kizárás, Elemi műveletek (up, down).

Tele, üres szemafor: szinkronizációs szemaforok, a gyártó álljon meg ha a tároló tele van, illetve a fogyasztó is várjon ha a tároló üres.

Szemafornál két utasítás felcserélése is gondot okozhat.

Monitor: magasabb szintű, nyelvű konstrukció. Eljárások, adatszerkezetek lehetnek benne. Egy időben csak egy folyamat lehet aktív a monitoron belül.

4.2 Osztott memória

Elosztott közös memória: Hálózatban futó folyamatok közti memóriamegosztás.

Lehetőségünk van egy programon belüli különböző folyamatok, szálak által használt memóriaterületek közössé tételére, vagyis használhatjuk ugyanazt a memóriarészt, „időosztásos” üzemmódban. Különböző, egymással valamilyen módon „összekapcsolt” programrészekhez, folyamatokhoz, szálakhoz ugyanazt a memóriaterületet kapcsoljuk.

4.3 Üzenetküldés

A folyamatok jellemzően két primitívet használnak: *Send(célfolyamat, üzenet)*, *Receive(forrás, üzenet)*. Ezek rendszershívások, nem nyelvi konstrukciók.

Ha küldő-fogadó nem azonos gépen van, szükséges ún. nyugtázó üzenet. Így ha küldő nem kapja meg a nyugtát, ismét elküldi az üzenetet. Ha a nyugta veszik el, a küldő újra küld. Ismételt üzenetek megkülönböztetése sorszámszám segítségével történik.

Összegzés: Ideiglenes tároló helyek (levelesláda) létrehozása mindkét helyen. El lehet hagyni, ekkor ha send előtt van receive, a küldő blokkolódik, illetve fordítva. Ezt hívják randevú stratégiának. Például a Minix 3 is randevút használ, rögzített méretű üzenetekkel.

Adatcső kommunikáció hasonló, csak az adatcsőben nincsenek üzenethatárok, ott csak bájt sorozat van. Az üzenetküldés a párhuzamos rendszerek általános technikája. Pl. MPI

Klasszikus IPC (inter-process communication) problémák:

- Étkező filozófusok esete: körben felváltva 5 villa, tányér. 2 villa kell a spagetti evéshez. A tányér melletti villákra pályáznak. Esznek-gondolkoznak. A legegyszerűbb megoldás (végtelen ciklusban gondolkodik, felveszi a két villáját egymás után, eszik, leteszi a villákat) pár hibát rejt magában, hogy pl. holtpont lehet, ha egyszerre megszerzik a bal villát és mind várnak a jobbra. Illetve ha leteszi a bal villát és újra próbálkozik, még az se az igazi, hiszen folyamatosan felveszik a bal villát, majd leteszik. (Éhezés)

```

Int N=5;
Szemafor villa[]={1,1,1,1,1}; //mind
szabad
Szemafor max=4; //max 4 villa használt
//egyszerre
Void filozófus(int i)
{
    while(1)
    {
        gondolkodom0;
        down(max);
        down(villa[i]); // bal villa
        down(villa[(i+1)%N]); //jobb
        eszem0;
        up(villa[i]);
        up(villa[(i+1)%N]);
        up(max);
    }
}

```

Figure 7: Étkező filozófusok, javított megoldás: 5 villa szemafor van, és egy maximum. Korlátozott erőforrás megszerzésre példa

- Író-olvasó probléma: Adatbázist egyszerre többen olvashatják, de csak 1 folyamat írhatja.

```

// író folyamat
Szemafor database=1;
Szemafor mutex=1;
int rc=0;
Void író0
{
    while(1)
    {
        csinál_valamit0;
        down(database); // kritikus
        írunk_adatbázisba0;
        up(database);
    }
}

Void olvasó0
{
    while(1)
    {
        down(mutex);
        rc++;
        if (rc==1) down(database);
        up(mutex);
        olvas_adatbázisból0;
        down(mutex); // kritikus
        rc--;
        if (rc==0) up(database);
        up(mutex);
        adatot_feldolgozunk0;
    }
}

```

Figure 8: Író-olvasó probléma megvalósítása

5 Be- és kimeneti eszközök ütemezési lehetőségei, holtpontok

5.1 Be- és kimeneti eszközök ütemezési lehetőségei

Input-Output eszközök:

- **Blokkos eszközök.** Adott méretű blokkban tároljuk az információt. Blokkméret 512 byte - 32768 byte között. Egymástól függetlenül írhatók vagy olvashatók. Blokkonként címezhetőek. Ilyen eszköz: HDD, szalagos egység
- **Karakteres eszközök.** Nem címezhető, csak jönnek-mennek sorban a „karakterek” (bájtok)
- **Időzítő:** kivétel, nem blokkos és nem karakteres

Megszakítások: Általában az eszközöknek van állapotbitjük, jelezve, hogy az adat készen van.

Megszakítás használat (IRQ):

1. CPU tevékenység megszakítása
2. a kért sorszámú kiszolgáló végrehajtása
3. a kívánt adat beolvasása, a szorosan hozzátartozó tevékenység elvégzése

4. visszatérés a megszakítás előtti állapothoz.

Közvetlen memória elérés (DMA): Direct Memory Access, tartalmaz memória cím regisztert, átvitel irány jelzésre, mennyiségre regisztert. Ezeket szabályos in, out portokon lehet elérni.

Működés lépései:

1. CPU beállítja a DMA vezérlőt. (Regisztereket.)
2. A DMA a lemezvezérlőt kéri a megadott műveletre.
3. Miután a lemezvezérlő beolvasta a pufferébe, a rendszersínen keresztül a memóriába(ból) írja, olvassa az adatot.
4. Lemezvezérlő nyugtázza, hogy kész a kérés teljesítése.
5. DMA megszakítással jelzi, befejezte a műveletet.

5.2 Holtpontok (deadlock)

Két vagy több folyamat egy erőforrás megszerzése során olyan helyzetbe kerül, hogy egymást blokkolják a további végrehajtásban. Pontos definíció: Folyamatokból álló halmaz holtpontban van, ha minden folyamat olyan eseményre vár, amit csak a halmaz egy másik folyamata okozhat. Nem csak az I/O eszközökhöz kötődik, pl párhuzamos rendszerek, adatbázisok, stb.

Coffman E.G. szerint 4 feltétel szükséges a holtpont kialakulásához:

1. *Kölcsönös kizárás feltétel.* Minden erőforrás hozzá van rendelve 1 folyamathoz vagy szabad.
2. *Birtoklás és várakozás feltétel.* Korábban kapott erőforrást birtokló folyamat kérhet újabbat.
3. *Megszakíthatatlanság feltétel.* Nem lehet egy folyamattól elvenni az erőforrást, csak a folyamat engedheti el.
4. *Ciklikus várakozás feltétel.* Két vagy több folyamatlánc kialakulása, amiben minden folyamat olyan erőforrásra vár, amit egy másik tart fogva.

Irányított gráffal lehet modellezni a folyamatokat és erőforrásokat. Ha van kör, akkor az holtpontot jelent.

Stratégiék holtpont esetén:

1. A probléma figyelmen kívül hagyása.
 - Nem törődünk vele, nagy valószínűséggel Ő sem talál meg bennünket.
 - Ezt a módszert gyakran strucc algoritmus néven is ismerjük.
 - Vizsgálatok szerint a holtpont probléma és az egyéb (fordító, op.rendszer, hw, sw hiba) összeomlások aránya 1:250.
 - A Unix, Windows világ is ezt a „módszert” használja. De túl nagy az ár a várható haszonért cserébe.
2. Felismerés és helyreállítás.
 - Engedjük a holtpontot megjelenni (kör), ezt észrevesszük és cselekszünk.
 - Folyamatosan figyeljük az erőforrás igényeket, elengedéseket.
 - Kezeljük az erőforrás gráfot folyamatosan. Ha kör keletkezik, akkor egy körbeli folyamatot megszüntetünk.
 - Másik módszer, nem foglalkozunk az erőforrás gráffal, ha x (fél óra?) ideje blokkolt egy folyamat, egyszerűen megszüntetjük. Ez nagygépes rendszereknél ismert módszer.
3. Megelőzés.

- A 4 szükséges feltétel egyikének meghiúsítása.
- A Coffman féle 4 feltétel valamelyikére mindig él egy megszorítás.
 - Kölcsönös kizárás. Ha egyetlen erőforrás soha nincs kizárólag 1 folyamathoz rendelve, akkor nincs holtponthoz se. De ez nehézkes, míg pl. nyomtató használatnál a nyomtató démon megoldja a problémát, de ugyanítt a nyomtató puffert egy lemezterület, itt már kialakulhat holtponthoz.
 - Ha nem lehet olyan helyzet, hogy erőforrásokat birtokló folyamat további erőforrásra várjon, akkor szintén nincs holtponthoz. Ezt kétféle módon érhetjük el: Előre kell tudni egy folyamat összes erőforrásigényét vagy ha erőforrást akar egy folyamat, először engedje el az összes birtokoltat.
 - A Coffman féle harmadik feltétel a megszakíthatatlanság. Ennek elkerülése eléggé nehéz. Pl. nyomtatás közben nem szerencsés a nyomtatót másnak adni.
 - A negyedik feltétel, a ciklikus várakozás már könnyebben megszüntethető. Egyszerű mód: Minden folyamat egyszerre csak 1 erőforrást birtokolhat. Másik módszer: Sorszámozzuk az erőforrásokat, és a folyamatok csak ezen sorrendben kérhetik az erőforrásokat. Ez jó elkerülési mód, csak megfelelő sorrend nincs.

4. Dinamikus elkerülés.

- Erőforrások foglalása csak „óvatosan”.
- Bankár algoritmus (Dijkstra, 1965) Mint a kisvárosi bankár hitelezési gyakorlata. A bankár algoritmus minden kérés megjelenésekor azt nézi, hogy a kérés teljesítése biztonságos állapothoz vezet-e. Ha igen, jóváhagyja, ha nem, a kérést elhalasztja. Eredetileg 1 erőforrásra tervezett. A korábbi megelőzés is, meg ez az elkerülés is olyan információt kér (az erőforrás pontos igényeket, a folyamatok számát előre), ami nehezen megadható. (Folyamatok dinamikusan jönnek létre, erőforrások dinamikusan módosulnak.) Ezért a gyakorlatban kevesen alkalmazzák.
- Biztonságos állapotok, olyan helyzetek, melyekből létezik olyan kezdődő állapotsorozat, melynek eredményeként mindegyik folyamat megkapja a kívánt erőforrásokat és befejeződik.

6 Memória-kezelés, virtuális memória fogalma

Monoprogramozás: A legegyszerűbb memória-kezelési módszer, időben csak egyetlen programot futtatunk.

Multiprogramozás: multiprogramozás rögzített partíciókkal: Ekkor a rendelkezésre álló memóriát felosztják több, általában nem egyforma hosszúságú részre. Működéséhez minden partíciónak szüksége van egy úgynevezett várakozási sorra. Ha beérkezik egy igény, az operációs rendszer berakja annak a legkisebb méretű, partíciónak nevezett rész várakozási sorába, ahová még befér. Ilyenkor elvész a partíciónak az a része – nem használható –, amit az éppen futó processz nem használ. Ha az adott szeletben befejeződik a munka, a legrégebben várakozó megkapja a területet, és elkezd működni.

6.1 Memória-kezelés

A memória-kezelő az operációs rendszer része, gyakran a kernelben. Feladata: a memória nyilvántartása, melyek szabadok, foglaltak; memóriát foglaljon folyamatok számára; memóriát felszabadítson; csere vezérlése a RAM és a (Merev)Lemez között.

Kétféle algoritmus csoport:

- Szükséges a folyamatok mozgatása, cseréje a memória és a lemez között. (swap)
- Nincs erre szükség, ha elegendő memória van.

Multiprogramozás rögzített memóriaszeletekkel: Osszuk fel a memóriát n (nem egyenlő) szeletre. (Fix szeletek) Pl. rendszerindításnál ez megtehető. Egy közös várakozási sor van, minden szeletre külön-külön várakozási sor. Kötegelt rendszerek tipikus megoldása.

Relokáció: Nem tudjuk hova kerül egy folyamat, így a memória hivatkozások nem fordíthatók fix értékekre.

Védelem: Nem kívánatos, ha egy program a másik memóriáját „éri el”.

Másik megoldás: Bázis+határregiszter használata, ezeket a programok nem módosíthatják, de minden címhivatkozásnál ellenőrzés: lassú.

Multiprogramozás memóriacsere használatával: A korábbi kötegelt rendszerek tipikus megoldása a rögzített memória szeletek használata (IBM OS/MFT). Időosztásos, grafikus felületek esetén ez nem az igazi. Itt a teljes folyamatot mozgatjuk a memória-lemez között. Nincs rögzített memória partíció, mindegyik dinamikusan változik, ahogy az op. rendszer oda-vissza rakosgatja a folyamatokat. Dinamikus, jobb memória kihasználtságú lesz a rendszer, de a sok csere lyukakat hoz létre, ezért memória tömörítést kell végezni. (Sok esetben ez az idővesztés nem megengedhető.)

Dinamikus memóriafoglalás: Általában nem ismert, hogy egy programnak mennyi dinamikus adatra, veremterületre van szüksége. A program „kód” része fix szeletet kap, míg az adat és verem része változót. Ezek tudnak nőni (csökkenni). Ha elfogy a memória, akkor a folyamat leáll, vár a folytatásra, vagy kikerül a lemezre, hogy a többi még futó folyamat memóriához jusson. Ha van a memóriában már várakozó folyamat, az is cserére kerülhet.

A „dinamikus” memória nyilvántartása:

- Allokációs egység definiálása. Ennek mérete kérdés. Ha kicsi, akkor kevésbé lyukasodik a memória, viszont nagy a nyilvántartási „erőforrás (memória) igény”. Ha nagy az egység, akkor túl sok lesz az egységen belüli maradékokból adódó memóriavesztés.
- A nyilvántartás megvalósítása: Bittérkép használatával vagy Láncolt lista használatával. Ha egy folyamat befejeződik, akkor szükség lehet az egymás melletti memória lyukak egyesítésére. Külön lista a lyukak és folyamatok listája.

Memóriafoglalási stratégiák: Új vagy swap partícióról behozott folyamat számára, több memória elhelyezési algoritmus ismert (hasonlóak a lemezhez):

- First Fit (első helyre, ahova befér, leggyorsabb, legegyszerűbb)
- Next Fit (nem az elejéről, hanem az előző befejezési pontjából indul a keresés, kevésbé hatékony, mint a first fit)
- Best Fit (lassú, sok kis lyukat produkál)
- Worst Fit (nem lesz sok kis lyuk, de nem hatékony)
- Quick Fit (méretek szerinti lyuklista, a lyukak összevonása költséges)

6.2 Virtuális memória fogalma

Multiprogramozás virtuális memóriahasználatával: Egy program használhat több memóriát, mint a rendelkezésre álló fizikai méret. Az operációs rendszer csak a „szükséges részt” tartja a fizikai memóriában. Egy program a „virtuálismemória-térben” tartózkodik. Az elv akár a monoprogramozás környezetben is használható.

Memory Management Unit (MMU): A virtuális címtér „lapokra” van osztva. (Ezt laptáblának nevezzük). Van jelenlét/hiány bit. Virtuális-fizikai lapokat összerendeljük. Ha az MMU látja, hogy egy lap nincs a memóriában, laphibát okoz, op.rendszer kitesz egy lapkeretet, majd behozza a szükséges lapot.

7 Lapozás és szegmentálás

7.1 Lapozás

Lapozástervezési szempontok:

- Munkahalmaz modell

- A szükséges lapok betöltése. (Induláskor-előlapozás) A folyamat azon lapjainak fizikai memóriában tartása, melyeket használ. Ez az idővel változik.
- Nyilván kell tartani a lapokat. Ha egy lapra az utolsó N időegységben nem hivatkoznak, laphiba esetén kidobjuk.
- Óra algoritmus javítása: Vizsgáljuk meg, hogy a lap eleme a munkahalmaznak? (WSClock algoritmus)
- Lokális, globális helyfoglalás
 - Egy laphibánál ha az összes folyamatot (globális), vagy csak a folyamathoz tartozó (lokális) lapokat vizsgáljuk.
 - Globális algoritmus esetén minden folyamatot elláthatunk méretéhez megfelelő lappal, amit aztán dinamikusan változtatunk.
 - Page Fault Frequency (PFF) algoritmus, laphiba/másodperc arány, ha sok a laphiba, növeljük a folyamat memóriában lévő lapjainak a számát. Ha sok a folyamat, akár teljes folyamatot lemezre vihetünk.(teherelosztás)
- Helyes lapméret meghatározása.
 - Kicsi lapméret: A „lapvesztesség” kicsi, viszont nagy laptábla kell a nyilvántartáshoz.
 - Nagy lapméret: Fordítva, „lapvesztesség” nagy, kicsi laptábla.
 - Jellemzően: $n \times 512$ bájt a lapméret, XP, Linuxok 4KB a lapméret. 8KB is használt (szerverek).
- Közös memória
 - Foglalhatunk memóriaterületet, amit több folyamat használhat.
 - Elosztott közös memória: Hálózatban futó folyamatok közti memóriamegosztás.

7.2 Szegmentálás

Virtuális memória: egy dimenziós címtér, 0-tól a maximum címig (4,8,16 GB, ...).

Több programnak van dinamikus területe, melyek növekedhetnek, bizonytalan mérettel. Hozzunk létre egymástól független címtereket, ezeket szegmensnek nevezzük.

Ebben a világban egy cím 2 részből áll: szegmens szám, és ezen belüli cím. (eltolás)

Szegmentálás lehetővé teszi osztott könyvtárak „egyszerű” megvalósítását. Logikailag szét lehet szedni a programot, adat szegmens, kód szegmens stb. Védelmi szintet is megadhatunk egy szegmensre. Lapok fix méretűek, a szegmensek nem. Szegmens töredezettség megjelenése. Ez töredezettség-összevonással javítható.

8 Lapcserélési algoritmusok

Ha nincs egy virtuális című lap a memóriában, akkor egy lapot ki kell dobni, berakni ezt az új lapot. A processzor gyorsító tár (cache) memória használatnál, vagy a böngésző helyi gyorsítótáránál is hasonló a helyzet. Optimális lapcserélés: Címkezzük meg minden lapot azzal a számmal, ahány CPU utasítás végrehajtódik, mielőtt hivatkozunk rá. Dobjuk ki azt a lapot, amelyikben legkisebb ez a szám. Egy baj van, nem lehet megvalósítani, viszont kétszeres futásnál tesztelési célokat szolgálhat.

- NRU (Not Recently Used) algoritmus:
 - Használjuk a laptábla bejegyzés módosítás (Modify) és hivatkozás (Reference) bitjét. A hivatkozás bitet időnként (óramegszakításnál, kb. 0.02 sec) állítsuk 0-ra, ezzel azt jelezzük, hogy az „utóbbi időben” volt-e használva, hivatkozva.
 - * 0.osztály: nem hivatkozott, nem módosított

- * 1.osztály: nem hivatkozott, módosított. Ide akkor lehet kerülni, ha az óramegszakítás állítja 0-ra a hivatkozás bitet.
- * 2.osztály: hivatkozott, nem módosított
- * 3.osztály: hivatkozott, módosított
- Válasszunk véletlenszerűen egy lapot a legkisebb nem üres osztályból. Egyszerű, nem igazán hatékony implementálni, megfelelő eredményt ad.
- FIFO lapcserélés. Egyszerű FIFO, más területekről is ismert, ha szükség van egy új lapra akkor a legrégebbi lapot dobjuk ki. Listában az érkezés sorrendjében a lapok, egy lap a lista elejére érkezik, és a végéről távozik. Ennek javítása a Második Lehetőség lapcserélő algoritmus.
- Második Lehetőség lapcserélő algoritmus. Olyan, mint a FIFO, csak ha a lista végén lévő lapnak a hivatkozás bitje 1, akkor kap egy második esélyt, a lista elejére kerül és a hivatkozás bitet 0-ra állítjuk.
- Óra algoritmus: olyan, mint a második lehetőség, csak ne a lapokat mozgassuk körbe egy listában, hanem rakjuk körbe őket és egy mutatóval körbe járunk. A mutató a legrégebbi lapra mutat. Laphibánál, ha a mutatott lap hivatkozás bitje 1, nullázzuk azt, és a következő lapot vizsgáljuk. Ha vizsgált lap hivatkozás bitje 0, akkor kitesszük.
- LRU (Least Recently Used) algoritmus: Legkevésbé (legrégebben) használt lap kidobása. HW vagy SW megvalósítás.
 - HW1: Vegyünk egy számlálót, ami minden memória hivatkozásnál 1-gyel nő. Minden laptáblában tudjuk ezt a számlálót tárolni. Minden memóriahivatkozásnál ezt a számlálót beírjuk a lapba. Laphibánál megkeressük a legkisebb számlálóértékű lapot.
 - HW2: LRU bitmátrix használatával, n lap, $n \times n$ bitmátrix. Egy k . lapkeret hivatkozásnál állítsuk a mátrix k . sorát 1-re, míg a k . oszlopát 0-ra. Laphibánál a legkisebb értékű sor a legrégebbi.
- NFU (Not Frequently Used) algoritmus:
 - Minden laphoz tegyünk egy számlálót. Minden óramegszakításnál ehhez adjuk hozzá a lap hivatkozás (R) bitjét.
 - Laphibánál a legkisebb számlálóértékű lapot dobjuk ki. (A leginkább nem használt lap)
 - Hiba, hogy az NFU nem felejt, egy program elején gyakran használt lapok megőrzik nagy értéküket.
 - Módosítsuk: Minden óramegszakításnál csináljunk jobbra egy biteltolást a számlálón, balról pedig hivatkozás bitet tegyük be (shr). (Öregítő algoritmus)
 - Ez jól közelíti az LRU algoritmust.
 - Ez a lapszámláló véges bitszámú (n), így n időegység előtti eseményeket biztosan nem tud megkülönböztetni.

9 Lemezterület-szervezés, redundáns tömbök, fájlrendszerek szolgáltatásai és jellemző megvalósításai

9.1 Lemezterület-szervezés

9.2 Redundáns tömbök

RAID – Redundant Array of Inexpensive Disks. Ha operációs rendszer nyújtja, gyakran Soft Raidnek nevezik. Ha intelligens (külső) vezérlőegység nyújtja, gyakran Hardver Raid-nek, vagy csak Raid diszkrendszernek nevezik. Bár nevében olcsó (Inexpensive), valójában inkább nem az. Több lemezt fog össze, és egy logikai egységként látja az operációs rendszer. Többféle „összefogási” elv létezik: RAID 0-6.

- RAID 0(striping)
 - Ez az a Raid, ami nem is redundáns
 - Több lemez logikai összefűzésével egy meghajtót kapunk.
 - A lemezkapacitások össze adja az új meghajtó kapacitását.
 - A logikai meghajtó blokkjait szétrakja a lemezekre (striping), ezáltal egy fájl írása több lemezre kerül.
 - Gyorsabb I/O műveletek.
 - Nincs meghibásodás elleni védelem.
- RAID 1(tükrözés)
 - Két független lemezből készít egy logikai egységet.
 - Minden adatot párhuzamosan kiír mindkét lemezre.(Tükrözés, mirror)
 - Tárolókapacitás felére csökken.
 - Drága megoldás.
 - Jelentős hibatűrő képesség. Mindkét lemez egyszerre történő meghibásodása okoz adatvesztést.
- RAID 1+0, RAID 0+1
 - RAID 1+0: Tükrös diszkekből vonjunk össze többet.
 - RAID 0+1: RAID 0 összevont lemezcsoporthoz vegyünk kettőt.
 - A vezérlők gyakran nyújtják egyiket, másikat, mivel így is, úgy is tükrözés van, azaz drága, így ritkán használt.
- RAID 2: Adatbitek mellett hibajavító biteket is tartalmaz. (ECC: Error Correction Code) Pl. 4 diszkhoz 3 javító diszk
- RAID 3: Elég egy plusz „paritásdiszk”, $n+1$ diszk, $\sum n$ a kapacitás
- RAID 4: RAID 0 kiegészítése paritásdiszkkal.
- Ma ezen megoldások (RAID 2,3,4) nem gyakran használatosak.
- RAID 5
 - Nincs paritásdiszk, ez el van osztva a tömb összes elemére. (stripe set)
 - Adatok is elosztva kerülnek tárolásra.
 - Intenzív CPU igény (vezérlő CPU!!!)
 - Redundáns tárolás, 1 lemez meghibásodása nem okoz adatvesztést. A paritásbitből meg a többiből az egy eltűnt kiszámítható. 2 lemez egyidejű meghibásodása már okoz adatvesztést.
 - N lemez RAID 5 tömbben ($N \geq 3$), $n-1$ lemez méretű logikai meghajtót ad.
- RAID 6
 - A RAID 5 paritásblokkhoz, hibajavító kód kerül tárolásra.(+1 diszk)
 - Még intenzívebb CPU igény.
 - Két diszk egyidejű kiesése sem okoz adatvesztést.
 - Relatív drága
 - N diszk RAID 6-os tömbjének kapacitása, $N-2$ diszk kapacitással azonos.
 - Elvileg általánosítható a módszer (3 diszk kiesése)

Ma leggyakrabban a RAID 1,5 verziókat használják. A RAID 6 vezérlők az utóbbi 1-2 évben jelentek meg. Bár olcsó diszkekről szól a RAID, de valójában ezek nem mindig olcsók. RAID 6-nl már 2 lemez kiesik, így ez még inkább drága.

Hot-Swap(forró csere) RAID vezérlő: működés közben a meghibásodott lemezt egyszerűen kicseréljük.

9.3 Fájlrendszerek szolgáltatásai

Fájl: adatok egy logikai csoportja, névvel egyéb paraméterekkel ellátva. A fájl az információtárolás egysége, névvel hivatkozunk rá. Jellemzően egy lemezen helyezkedik el, de általánosan az adathalmaz, adatfolyam akár képernyőhöz, billentyűzethez is köthető.

A lemezen általában 3 féle fájl, állomány található:

- Rendes felhasználói állomány.
- Ideiglenes állomány
- Adminisztratív állomány. Ez a működéshez szükséges, általában rejtett.

Könyvtár: fájlok (könyvtárak) logikai csoportosítása.

Fájlrendszer: módszer, a fizikai lemezünkön, kötetünkön a fájlok és könyvtárak elhelyezés rendszerének kialakítására.

Fájlok elhelyezése: A partíció elején, az ún. Szuperblokk (pl. FAT esetén a 0. blokk) leírja a rendszer jellemzőit. Általában következik a helynyilvántartás (FAT, láncolt listás nyilvántartás). Ezután a könyvtárszerkezet (inode), a könyvtár bejegyzésekkel, fájl adatokkal. (FAT16-nál a könyvtár előbb van, majd utána a fájl adatok.)

Elhelyezési stratégiák:

- Folytonos tárkiosztás: First Fit, Best Fit, Worst Fit (olyan memória szakaszba tesszük, hogy a lehető legnagyobb rész maradjon szabadon). Veszteséges lemezkihasználás.
- Láncolt elhelyezkedés: Nincs veszteség (csak a blokkméretből adódóan). Fájl adatok (blokkokra bontva) láncolt lista tábla. Az n. blokk olvasása lassú lesz. Szabad-foglalt szektorok: File Allocation Table, FAT. Ez nagy lehet, a FAT-nak a memóriában kell lenni fájl műveletnél.
- Indextáblás elhelyezés: Katalógus tartalmazza a fájlhoz tartozó kis tábla (inode) címét. Egy inode címből elérhető a fájl.

Fájlrendszer típusok:

- Merevlemezen alkalmazott fájlrendszer: FAT, NTFS, EXT2FS, XFS, stb
- Szalagos rendszereken (elsősorban backup) alkalmazott fájlrendszer: Tartalomjegyzék, majd a tartalom szekvenciálisan
- CD, DVD, Magneto-opto Disc fájlrendszer: CDFS, UDF (Universal Disc Format), kompatibilitás
- RAM lemezek (ma már kevésbé használtak)
- FLASH memória meghajtó (FAT32)
- Hálózati meghajtó: NFS
- Egyéb pszeudó fájlrendszerek: Zip, tar.gz, ISO

Naplózott fájlrendszerek: A fájlrendszer sérülés, áramszünet stb. esetén inkonzisztens állapotba kerülhet. Gyakran nevezik: LFS-nek (Log-structured File System) vagy JFS-nek (Journaled). Adatbázis-kezelők mintájára: művelet + log naplózódik. Tranzakciós alapra épül. Leállítás, hiba esetén a log alapján helyre lehet állítani. Célszerűen a log másik lemez (másik partíció). Nagyobb erőforrás igényű, de nagyobb a megbízhatóság.

A mai operációs rendszerek „rengeteg” típust támogatnak, pl: Linux 2.6 kernel több mint 50-et. A fájlrendszert csatolni többféleképpen is lehet:

- Mount, eredményeképpen a fájlrendszer állományok elérhetőek lesznek.
- Automatikus csatolás (pl. USB drive)
- Kézi csatolás (Linux, mount parancs)

Külön névtérbeli elérhetőség a Windowsnál az A, B, C stb lemezek. Egységes névtér a UNIX-nál van.

9.4 Fájlrendszerek szolgáltatásainak jellemző megvalósításai

- FAT

- File Allocation Table. Talán a legrégebbi, ma is élő fájlrendszer.
- A FAT tábla a lemez foglaltsági térképe, annyi eleme van, ahány blokk a lemezen. Pl: Fat12, FDD, Cluster méret 12 bites. Ha értéke 0, szabad, ha nem, foglalt. Biztonság kedvéért 2 tábla van.
- Láncolt elhelyezés. A katalógusban a file adatok (név stb) mellett csak az első fájl blokk sorszáma van megadva. A FAT blokk azonosító mutatja a következő blokk címét. Ha nincs tovább, FFF az érték.
- Rögzített bejegyzés méret, 32 bájt (max. 8.3 név)
- System, Hidden, Archive, Read only, könyvtár attribútumok
- A fájl utolsó módosítás ideje is tárolva van.
- *FAT16*, 16 bites cluster leíró, 4 bájt (2x2) írja le a fájl kezdőblokkját. Max. 4 GB partíciós méret (64kb blokk méretnél), jellemzően 2 GB. Fájl méret maximum is a 4 (2) GB. Külön könyvtári terület (FDD-nez a 0. sáv). FDD-n 512 könyvtári bejegyzés. HDD-n 32736 könyvtári bejegyzés (16 bit előjelesen)
- *FAT32* (1996-tól elérhető): 28 bites clusterleíró, 2 TB partíciós méret (alap szektor mérettel), 32 MB-ig 1 blokk = 1 szektor(512bájt). 64 MB: 1 blokk=1KB (2 szektor), 128MB: 1 blokk=2KB. 1 blokk max. 64 KB lehet.
- Támogatták már a hosszú fájl neveket is. Többszörös 8.3 részre fenntartott bejegyzésekkel.
- Töredezettségmentesítés szükséges.

- NTFS

- New Technology File System
- FAT-NTFS hatékonysági határ: kb. 400 MB.
- 255 karakteres fájl név, 8+3 másodlagos név
- Kifinomult biztonsági beállítások
- Ahogy a FAT esetén, itt is szükséges a töredezettségmentesítés.
- Titkosított fájlrendszer támogatása, naplózás
- POSIX támogatás. Hardlink (fsutil parancs), időbélyegek, kis-nagybetűk különböznek
- Tömörített fájl, mappa, felhasználói kvóta kezelés
- Az NTFS csak klasztereket tart nyilván, szektort (512bájt) nem

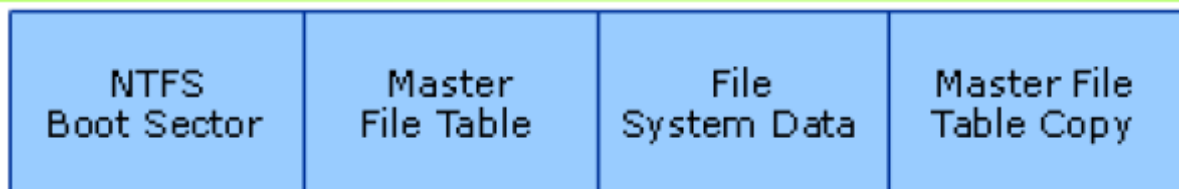


Figure 9: NTFS partíció. A Master File Table és a File System Data egy-egy táblázat

- MFT: NTFS partíció az MFT (Master File Table) táblázattal kezdődik. 16 attribútum ad egy fájl bejegyzést. Minden attribútum max. 1kb. Ha ez nem elég, akkor egy attribútum mutat a folytatásra. Az adat is egyfajta attribútum, így egy bejegyzés több adatsort tartalmazhat. (PL: Betekintő kép) Elvi fájl méret 2^64 bájt lehet. Ha a fájl < 1kb, belefér az attribútumba, közvetlen fájl. Nincs fájl méret maximum.

0	\$Mft – Master File Table
1	\$MftMirr – MFT Mirror
2	\$LogFile – Naplófájl
3	\$Volume – Kötetfájl
4	\$AttrDef – Attribútum definíciók
5	\ – Gyökérkönyvtár
6	\$BitMap – Cluster foglaltság
7	\$Boot – Bootszektor
8	\$BadClus – Hibás clusterek
9	\$Secure – Biztonsági leírók
10	\$UpCase – Unicode karaktertábla
11	\$Extend – Egyéb metadata
12	Nem használt
...	...
15	Nem használt
16	Felhasználói fájlok és mappák

Az NTFS metadata számára fenntartva

Figure 10: Az NTFS partíció felépítése

- ext, az ext2 és az ext3
 - Az „ext” kifejezés a fájlrendszerek neveiben az extended (magyarul kiterjesztett) kifejezést takarja. Az extended fájlrendszer volt az első kifejezetten a UNIX-szerű GNU/LINUX operációs rendszerekhez készített fájlrendszer, amely örökölte az UFS (UNIX File System) fájlrendszer metaadat-szerkezetét, és arra készült, hogy a Minix operációs rendszer fájlrendszerének a hibáit kiküszöbölje. A hibák kiküszöbölése többek között a Minix operációs rendszer fájlrendszer-határainak kiterjesztése.
 - Az ext2 fájlrendszer, amely a GNU/LINUX operációs rendszereken kívül más rendszereken is megjelent, több Linux disztribúció alapértelmezett fájlrendszere volt, amíg az utódja, az „ext3” fájlrendszer (third extended filesystem – harmadik kiterjesztett fájlrendszer) el nem készült.
 - Az ext3 fájlrendszer (third extended filesystem – harmadik kiterjesztett fájlrendszer) az ext2 fájlrendszer utódja, amely már az ext2 fájlrendszerhez képest naplózást is tartalmaz. Ez a naplózás elsősorban a biztonságot növeli, és lehetővé teszi azt, hogy szabálytalan leállás bekövetkezése után ne kelljen az egész fájlrendszert újra ellenőrizni.
- ReiserFS: A ReiserFS fájlrendszer lehetővé teszi egy blokkos eszközön (block device) változó méretű fájlok tárolását és könyvtárstruktúrába rendezését. A kezdeti UNIX és UNIX-szerű operációs rendszerek (így pl. a GNU/LINUX operációs rendszer is) csak egyfajta fájlrendszert támogattak, a saját formátumukat. A modern operációs rendszerek viszont többféle fájlrendszert is támogatnak, és vannak olyan fájlrendszerek is, amelyeket több operációs rendszer is támogat. A ReiserFS fájlrendszer egyáltalán nem ilyen. A ReiserFS fájlrendszer egy olyan fájlrendszer, amely csak és kizárólag a GNU/LINUX operációs rendszer alatt használható jelenleg korlátozás nélkül.