Számítógép architektúrák

- **Számítógépek felépítése**
- **Digitális adatábrázolás**
- **Digitális logikai szint**
- **Mikroarchitektúra szint**
- **Gépi utasítás szint**
- **Operációs rendszer szint**
- **Assembly nyelvi szint**
- **Probléma orientált (magas szintű) nyelvi szint**
- **Perifériák**

Operációs rendszer szintje
Operating System Machine (OSM)

Ezen a szinten programozóknak rendelkezésre állnak a felhasználói módban használható **ISA** szintű utasítások és az operációs rendszer által hozzáadott utasítások: **rendszerhívások** (**system calls**). Ezeket az operációs rendszer eljárásai valósítják meg (értelmezés).

Virtuális memória

Régen nagyon kicsi volt a memória. Sokszor nem fért el az egész program a memóriában.

Overlay (átfedés): A program több része fut ugyanazon a memória területen, mindig az aktuálisan futó rész van a memóriában, a többi rész mágneslemezen van.
A programozó dolga a feladat átfedő részekre bontása, és a részek mozgatása a memória és a háttér tároló között.

Ma már sokkal nagyobb ugyan a memória, de még sokkal nagyobb lehet a **címtartomány** (**address space**).

Virtuális címtartomány: azok a címek, amelyekre a program hivatkozni tud.

Fizikai címtartomány: azok a címek, amelyek tényleges memória cellát címeznek.

A virtuális és fizikai címtartomány ugyanolyan méretű lapokra van osztva (**6.3. ábra**). A fizikai „lapokat” **lapkeret**nek (**page frame**) nevezzük.

Lap méret: 512 B – 64 KB (– 4 MB), **mindig 2 hatványa**.

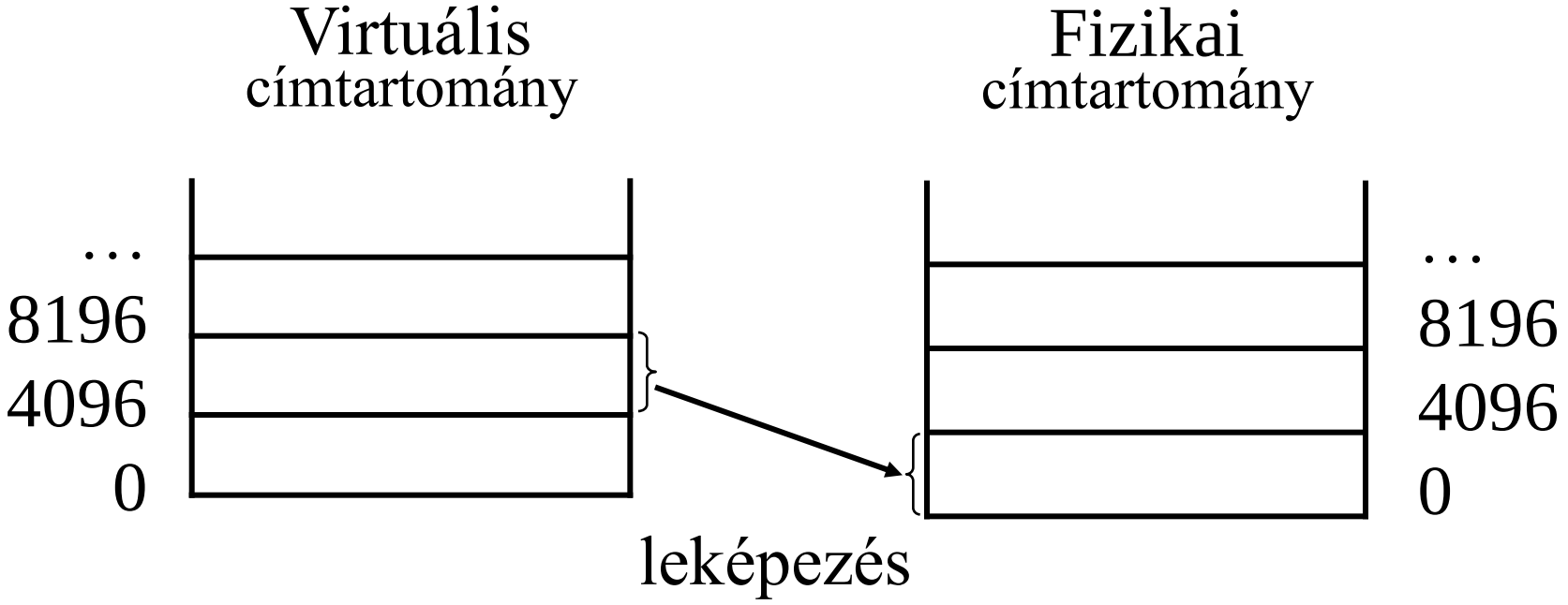
Lap	Virtuális címek
N	-
…	… - …
4	16384 - 20479
3	12288 - 16383
2	8192 - 12287
1	4096 - 8191
0	0 - 4095

Lapkeret	Fizikai címek
n	-
…	… - …
4	16384 - 20479
3	12288 - 16383
2	8192 - 12287
1	4096 - 8191
0	0 - 4095

A virtuális címtartomány sokkal nagyobb, mint a fizikai!

Mit kell tenni, ha olyan címre történik hivatkozás, amely nincs a memóriában?

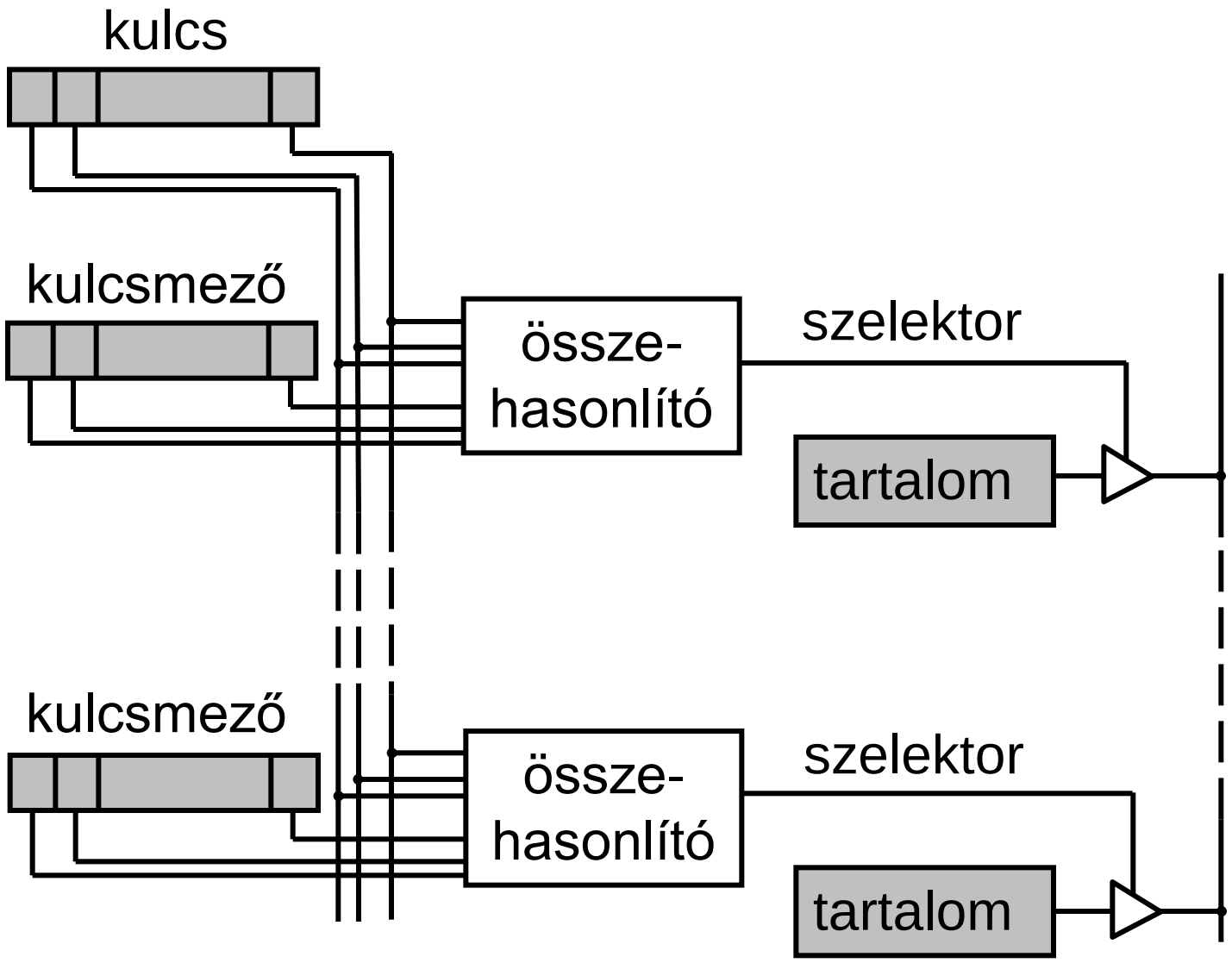
1. Egy lapkeret (pl. a 0-4095) tartalmának lemezre mentése.
2. A kérdéses lap megkeresése a lemezen.
3. A kérdéses lap betöltése a lapkeretbe.
4. A memória térkép megváltoztatása: pl. a 4096 és 8191 közötti címek leképezése a betöltött lapkeret címtartományába.
5. A végrehajtás folytatása.

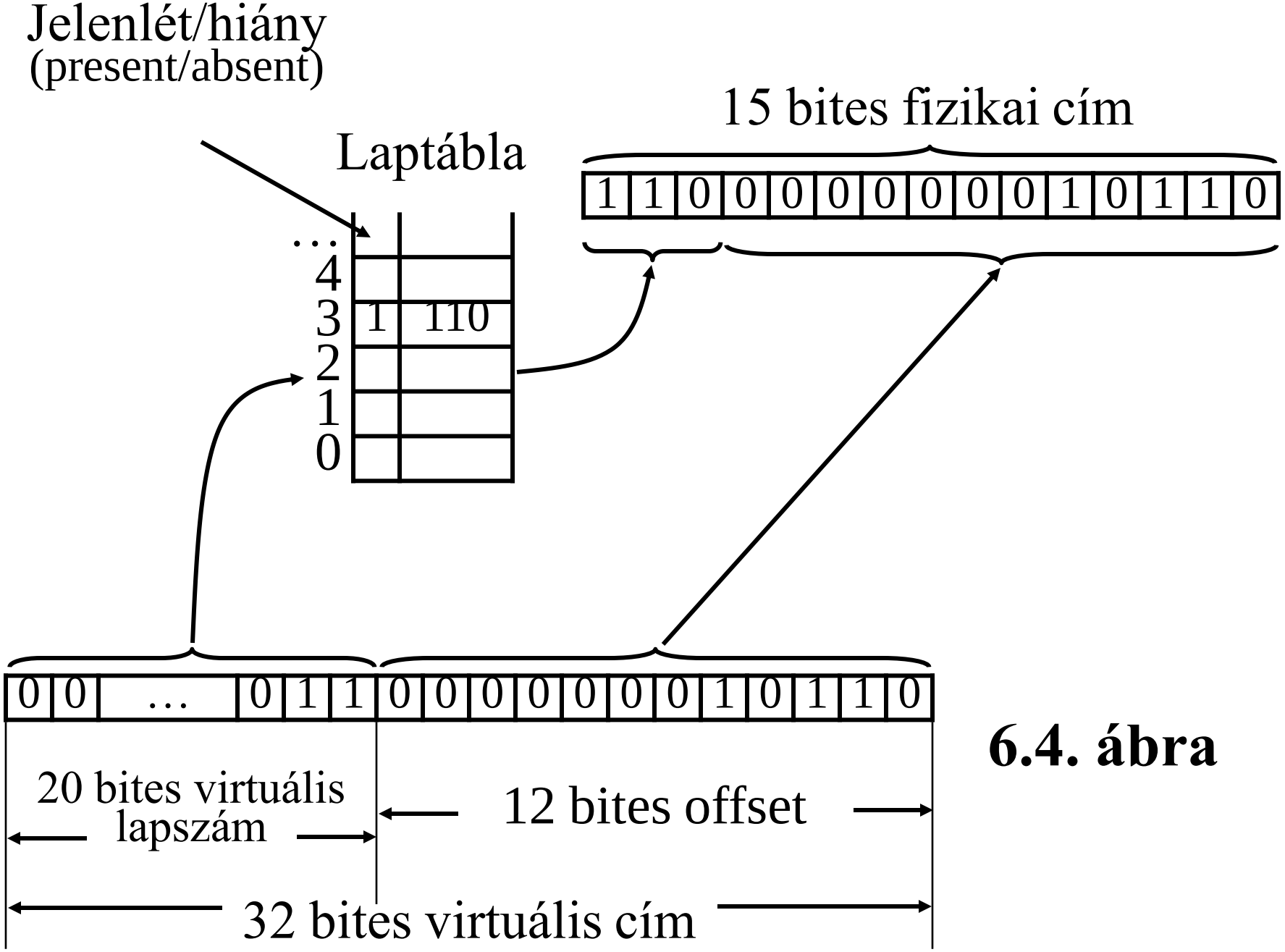


A virtuális címek fizikai címekre történő leképezését az **MMU** (Memory Management Unit – memória kezelő egység végzi.

Memória térkép (**memory map**) vagy **laptábla** (**page map**) kapcsolja össze a virtuális címeket a fizikai címekkel. Pl. 4 KB-os lapméret 32 bites virtuális cím esetén 1 millió virtuális lap van, ezért
1 millió bejegyzésű laptáblára van szükség.
32 KB fizikai memória esetén csak 8 lapkeret van, ezért a leképezés megoldható 8 cellás asszociatív memóriával is (a gyakorlatban több ezer lapkeret van, és az asszociatív memória igen drága).

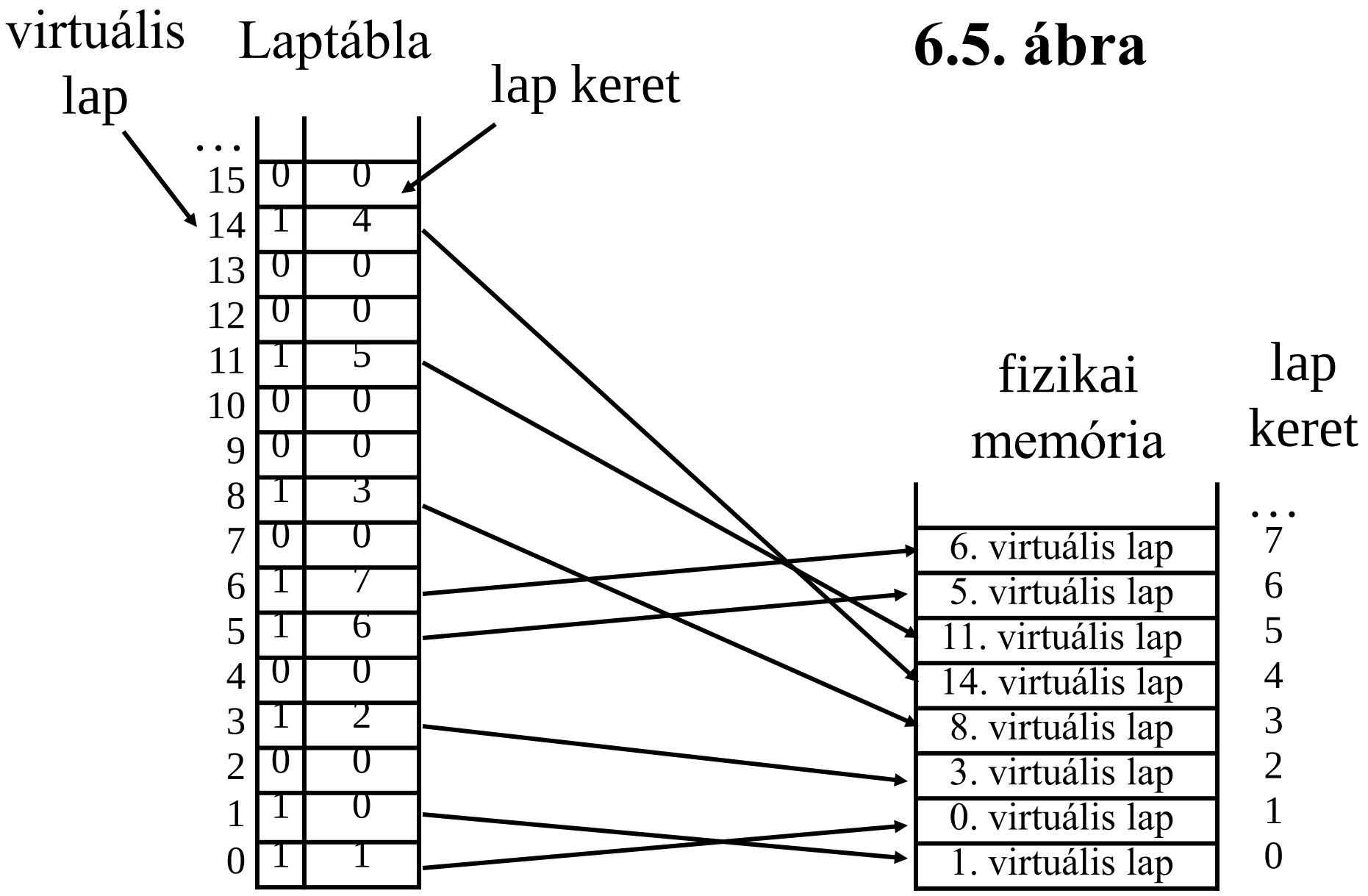
Asszociatív memória




Jelenlét/hiány
(present/absent)
15 bites fizikai cím
Laptábla
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0
…
4
3
1
110
2
1
0
0 0 … 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0
20 bites virtuális lapszám
12 bites offset
32 bites virtuális cím

6.4. ábra

6.5. ábra


virtuális lap
Laptábla
lap keret
fizikai memória
lap keret
…
15 0 0
14 1 4
13 0 0
12 0 0
11 1 5
10 0 0
9 0 0
8 1 3
7 0 0
6 1 7
5 1 6
4 0 0
3 1 2
2 0 0
1 1 0
0 1 1
6. virtuális lap
5. virtuális lap
11. virtuális lap
14. virtuális lap
8. virtuális lap
3. virtuális lap
0. virtuális lap
1. virtuális lap
…
7
6
5
4
3
2
1
0

Laphiány (**page fault**): a lap nincs a memóriában.

Kérésre lapozás (**demand paging**): lapozás csak laphiány esetén. A program egyetlen bájtja sem kell bent legyen a memóriában, csak a másodlagos tárolón.

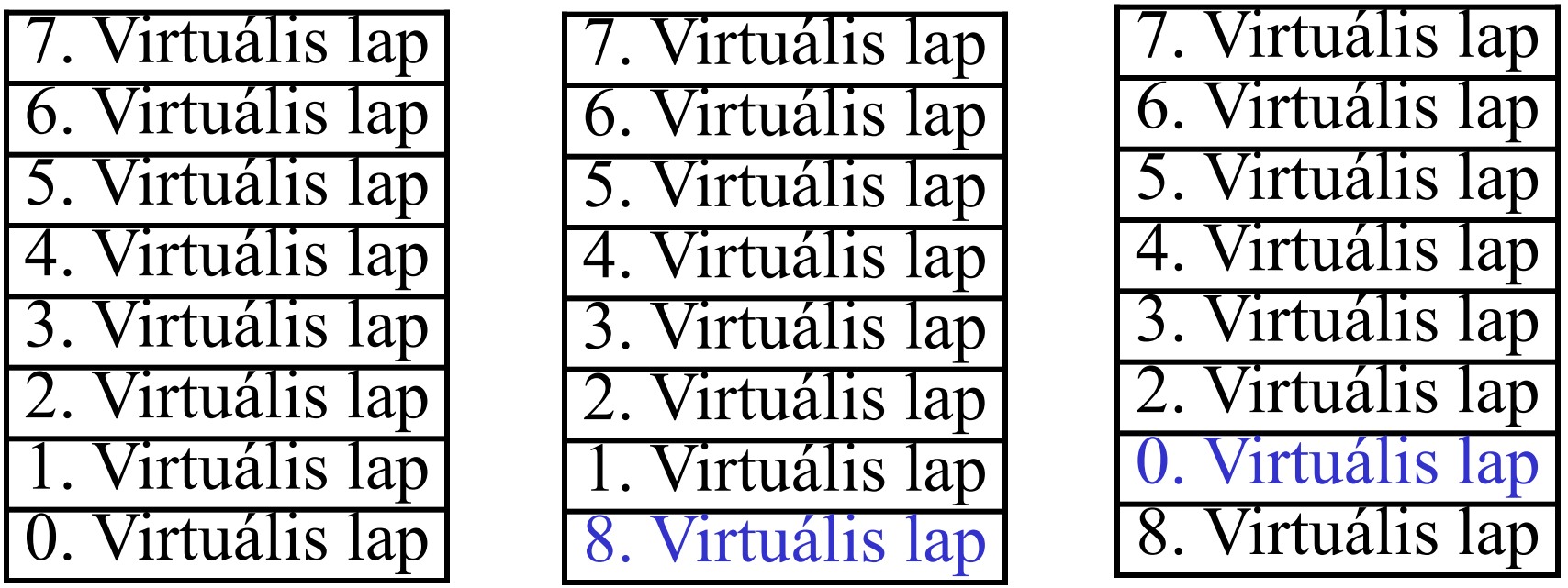
Időosztásos rendszereknél nem kielégítő!

Munka halmaz (**working set**): a legutóbbi ***k*** memória hivatkozásban szereplő lapok halmaza (az operációs rendszer feladata megállapítani). Időosztásos rendszerekben ezek a lapok előre visszatölthetők.

Ha a munkahalmaz nagyobb, mint a lapkeretek száma, akkor gyakori lesz a laphiány. A nagyon gyakori laphiányt **vergődés**nek (**thrashing**) nevezzük.

Lapkezelési eljárások: melyik lap **helyett** töltsük be a kért lapot?

LRU (Least Recently Used, legrégebben használt): általában jó, de nem jó pl. 9 lapon átnyúló ciklus esetén, ha csak 8 memória lap van (**6.6. ábra**).



FIFO (First-in First-Out, először be, először ki): egyszerűbb (de most ez se jobb, mint **LRU**).

Csak a módosult (**dirty**, szennyezett) lapokat kell visszaírni, a tisztát (**clean**) nem (**szennyezés bit**). Most is előnyös, ha az utasítások és az adatok elkülönülten helyezkednek el a memóriában: az utasításokat nem kell visszaírni.

Lapméret és elaprózódás

Ha egy program ***k*** lapon fér el, akkor általában a ***k***-dik lap nincs tele.

Ha a lap mérete ***n***, akkor programonként átlagosan ***n/2*** bájt kihasználatlan:
belső elaprózódás (**internal fragmentation**).

A belső elaprózódás ellen a lap méretének csökkentésével lehet védekezni, de ez a laptábla méretének növekedéséhez vezet.

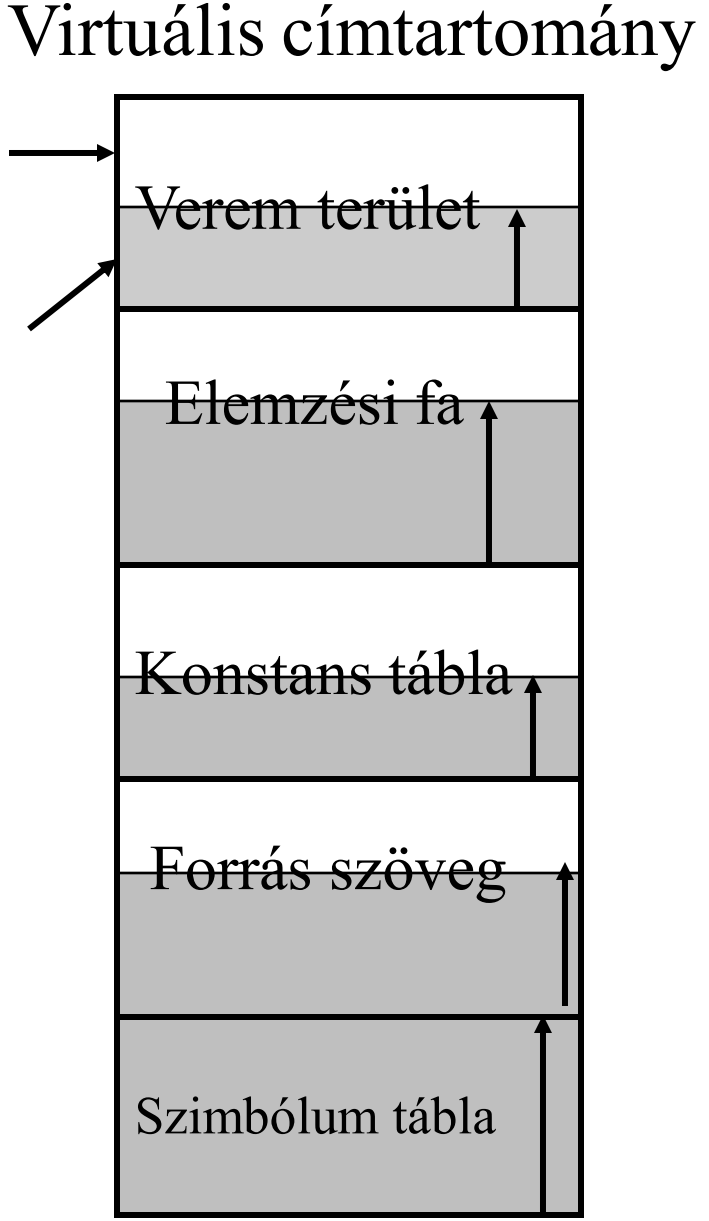
A kis lap előnytelen a lemez sávszélességének kihasználása szempontjából is, viszont kisebb a vergődés kialakulásának valószínűsége.

Szegmentálás

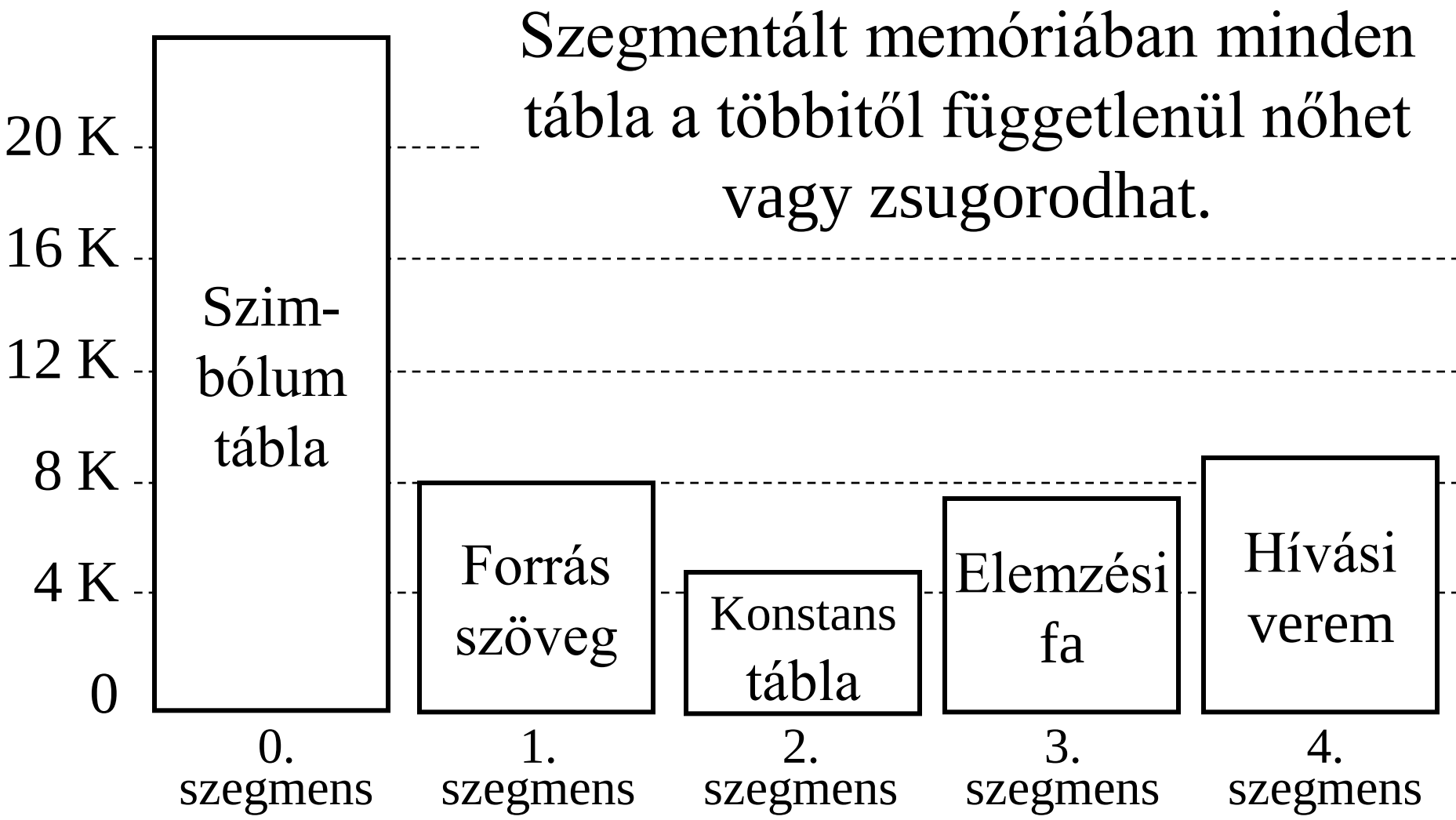
Egy fordítóprogramnak a következő célokra kellhet memória (**6.7. ábra**):

- szimbólum tábla,
- forrás kód,
- konstansok,
- elemzési fa,
- verem.

Rögzített memória felosztás esetén ezek egyike kicsinek bizonyulhat, miközben a többi nem használja ki a rendelkezésére álló tartományt.



Szegmentálás (6.8. ábra)



Szegmens (6.8. ábra)

A programozó számára látható logikai egység. Minden szegmens címtartománya 0-tól valamilyen maximumig terjed. A szegmens tényleges mérete ennél kisebb lehet. A program számára a címtartomány két dimenziós: (szegmens, offset).

Általában egy szegmensben csak egyféle dolgok vannak: vagy kód vagy konstans vagy …
Különböző tárvédelmi lehetőségek:

- kód: csak végrehajtható, nem írható, nem olvasható,
- konstans: csak olvasható
- …

A szegmentálás és a virtuális memória összehasonlítása (6.8. ábra)

Szempontok	Lapozás	Szegmentálás
Tudnia kell róla a programozónak?	Nem	Igen
Hány lineáris címtartomány létezik?	1	Több
Meghaladhatja-e a virtuális címtartomány nagysága a fizikai memória méretét?	Igen	Igen
Könnyen kezelhetők a változó méretű táblák?	Nem	Igen
Mi ennek a technikának a lényege?	Nagy memória szimulálása	Több címtartomány biztosítása

A szegmentálás megvalósítása

Lapozással: Minden szegmensnek saját laptáblája van. A szegmens néhány lapja a memóriában van.

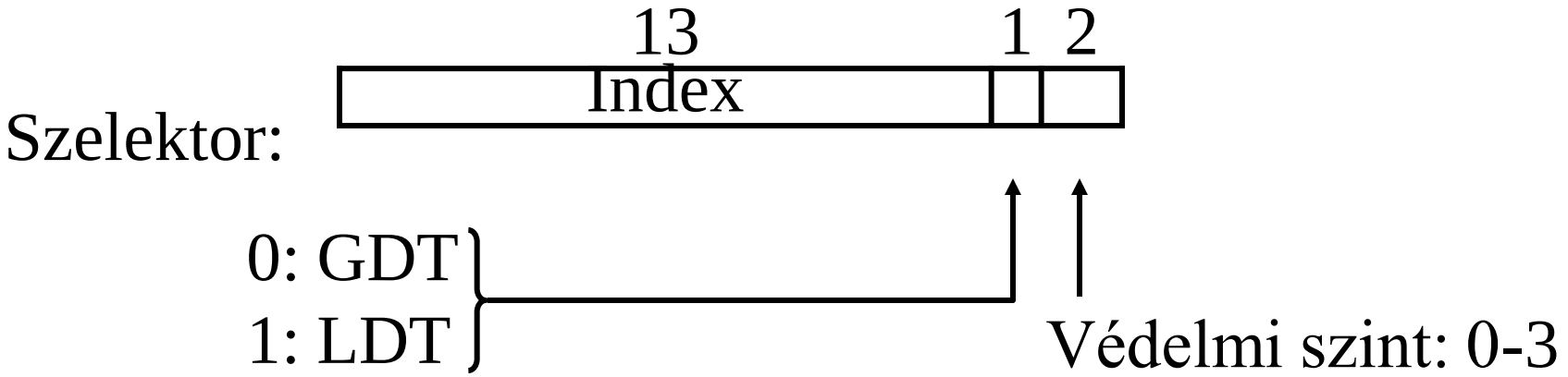
Cseréléssel: Teljes szegmensek mozognak a memória és a lemez között. Ha olyan szegmensre hivatkozunk, amely nincs a memóriában, akkor betöltődik. **Külső elaprózódás**hoz (**external fragmentation**) vezethet (**6.10. ábra**). **Lyukacsosodás**nak (**checkerboarding**) is nevezik.

Összepréselés: idő igényes, de időnként kell.

Legjobb illesztés (**best fit**) és **első illesztés** (**first fit**) algoritmus. Az utóbbi gyorsabb és jobb is az általános hatékonyság szempontjából.

Pentium 4 (6.12-14. ábra)

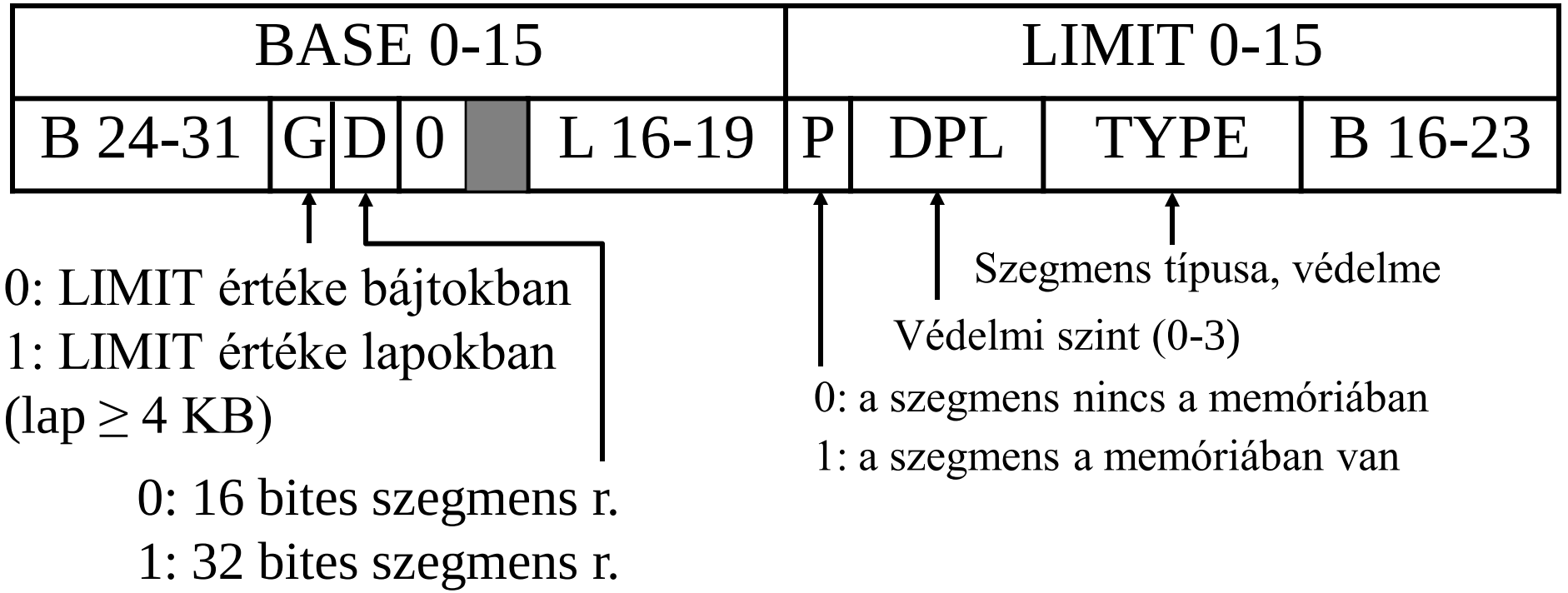
A szegmens regiszter tartalmazza a szelektort.



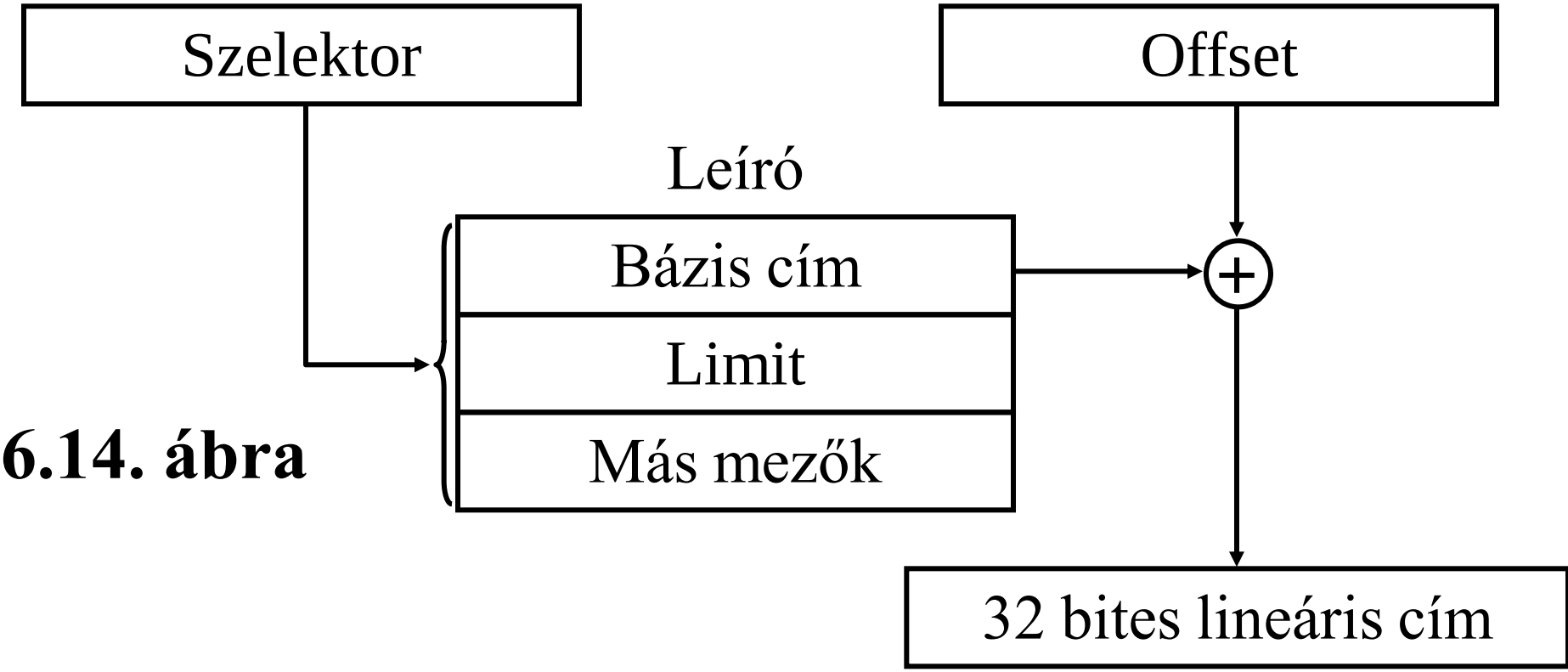
A szelektor (**6.12. ábra**) indexe választja ki a **leírót** (**descriptor**) a **lokális** (**LDT, Local Descriptor Table**) vagy **globális leíró táblából** (**GDT**, **Global Descriptor Table**). (**6.13. ábra**).

A **0**. leíró használata csapdát eredményez (hiba).

Pentium 4 kódszegmensének leírója (6.13. ábra)



Ha **`P=0`**, csapda: nem létező szegmens, vagy be kell tölteni a szegmenst.



6.14. ábra

Ha offset (a szegmens elejéhez viszonyított relatív cím) a szegmens határán túl van, csapda (hiba).

Lapozást tiltó flag (a globális vezérlőregiszter bitje):

Ha engedélyezett: lineáris cím = virtuális cím

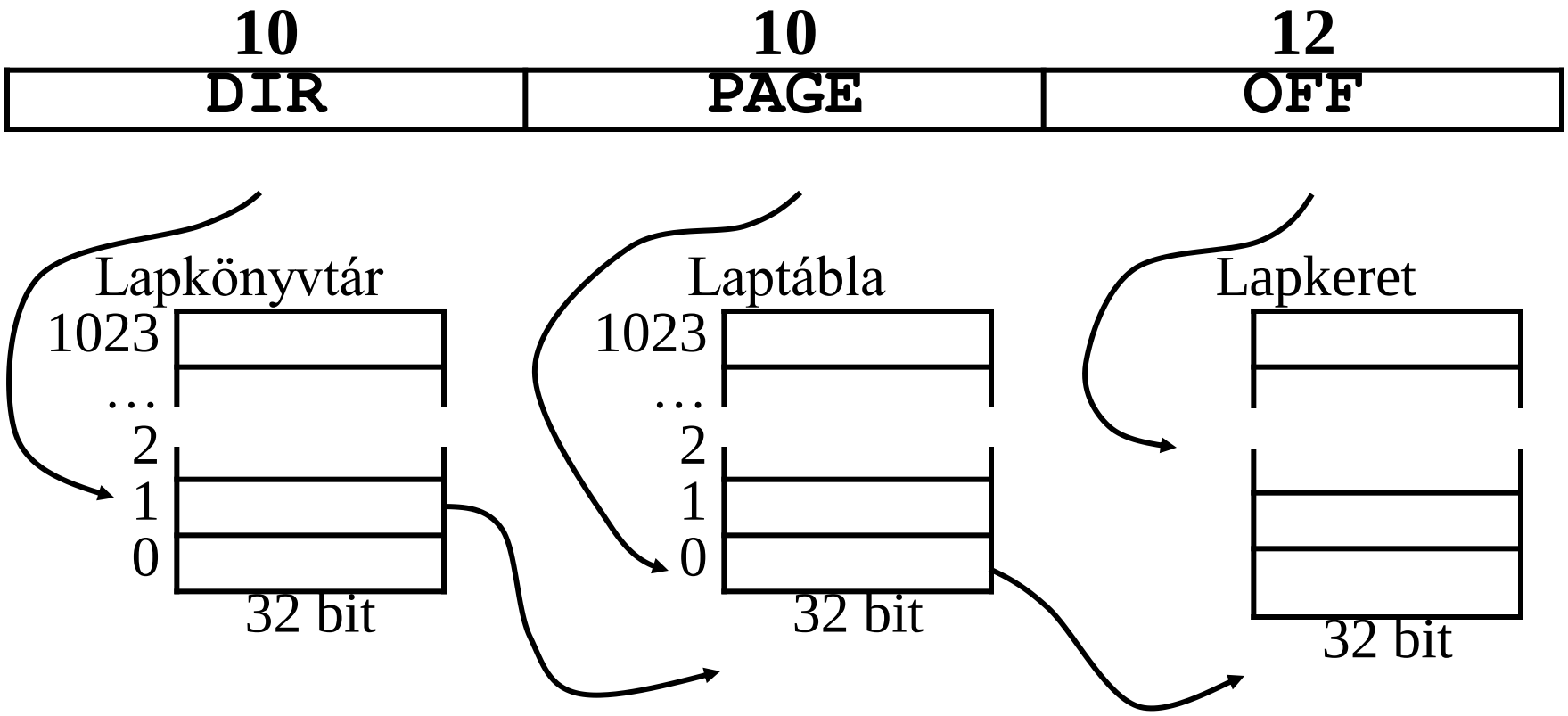
Ha tiltott: lineáris cím = fizikai cím

Lapkönyvtár (page directory 6.15. ábra)

A 32 bites lineáris címek és a 4 KB-os lapok miatt egy szegmenshez egymillió lap is tartozhat. Túl sok!

Minden futó programhoz egy l**apkönyvtár** tartozik.

Minden bejegyzés egy **laptáblára** mutat, vagy sehova.



A lapkönyvtárnak azokhoz a mutatóihoz, amelyek nem mutatnak sehova, nem kell helyet foglalni a laptábla számára (rövid szegmenshez csak két db. ezer, és nem egy milliós bejegyzésű tábla kell).

A táblákban minden bejegyzéshez 32 bit áll rendelkezésre. A mutatókhoz nem használt biteket a hardver az operációs rendszer számára hasznos jelzésekkel tölti ki (védelem, szennyezettség, hozzáférés, …).

Speciális hardver támogatja a legutóbb használt lapok gyorsabb elérését.

A Pentium 4 védelmi rendszere (6.16. ábra)

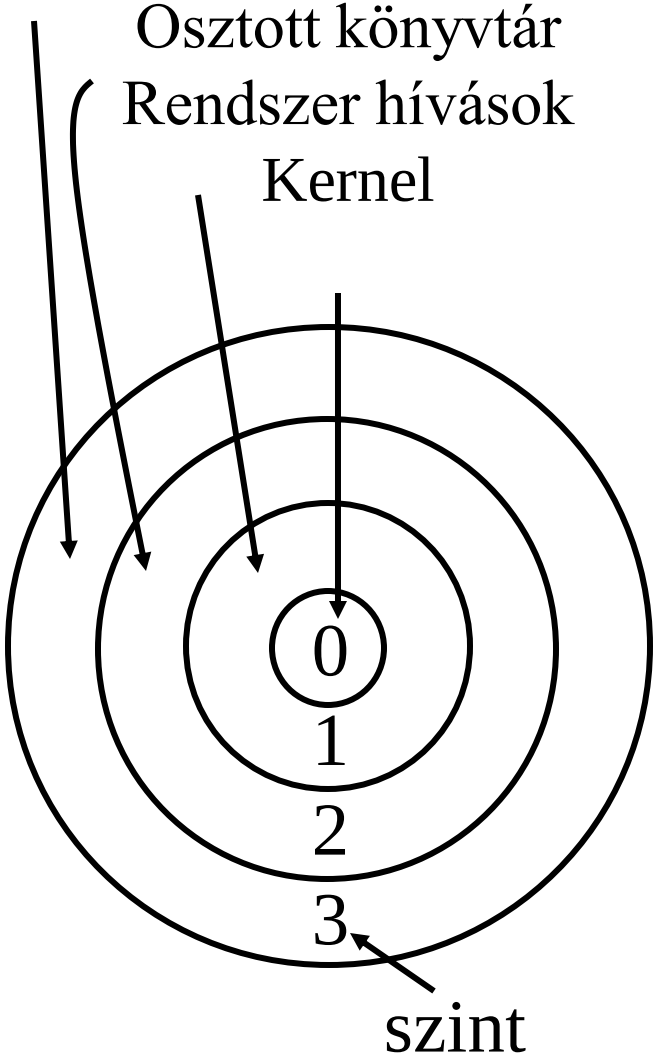
A futó program pillanatnyi szintjét a **`PSW`** tartalmazza.

A program a saját szintjén lévő szegmenseket szabadon használhatja.

Magasabb szinten lévő adatokhoz hozzáfér, de az alacsonyabb szinten lévők kezelése csapdát okoz.

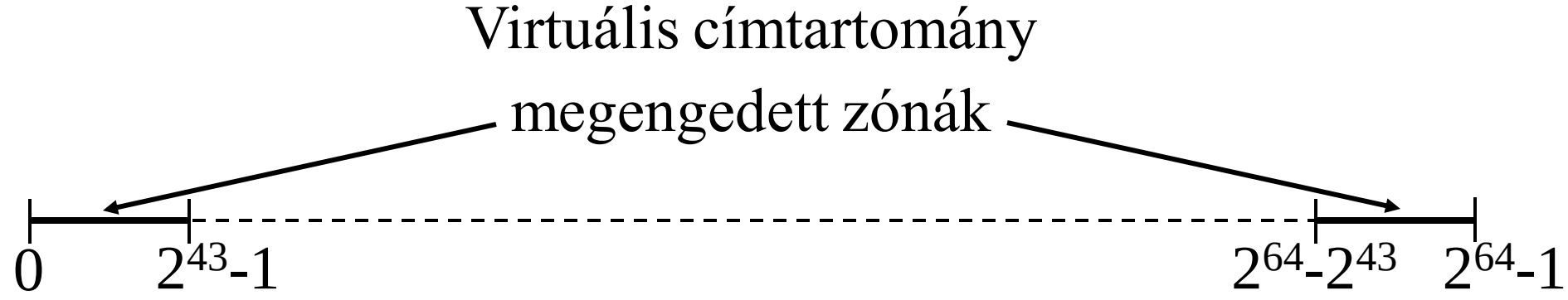
Más szinten lévő eljárás hívásánál **`CALL`** helyett szelektort kell alkalmazni, ez egy **hívás kapu**t (**call gate**) jelöl ki (más védelmi szintre csak szabványos – tehát ellenőrzött – belépési ponton lehet áttérni).

A szintek egy lehetséges felhasználása:



Az UltraSPARC III virtuális memóriája

Virtuális cím 64 bites, egyelőre 44 bitre korlátozva.



44 bitre korlátozva ez a címtartomány folytonos.

Fizikai címtartomány maximum 41 bites.

A kód és adat lapokat külön kezeli.

Lapméret: 8, 64, 512 KB és 4 MB (**6.17. ábra**).

Lap mérete	Virtuális lap címe (bit)	OFFSET (bit)		Fizikai lap címe (bit)	OFFSET (bit)
8 KB	51 (31)	13	-->	28	13
64 KB	48 (28)	16	-->	25	16
512 KB	45 (25)	19	-->	22	19
4 MB	42 (22)	22	-->	19	22

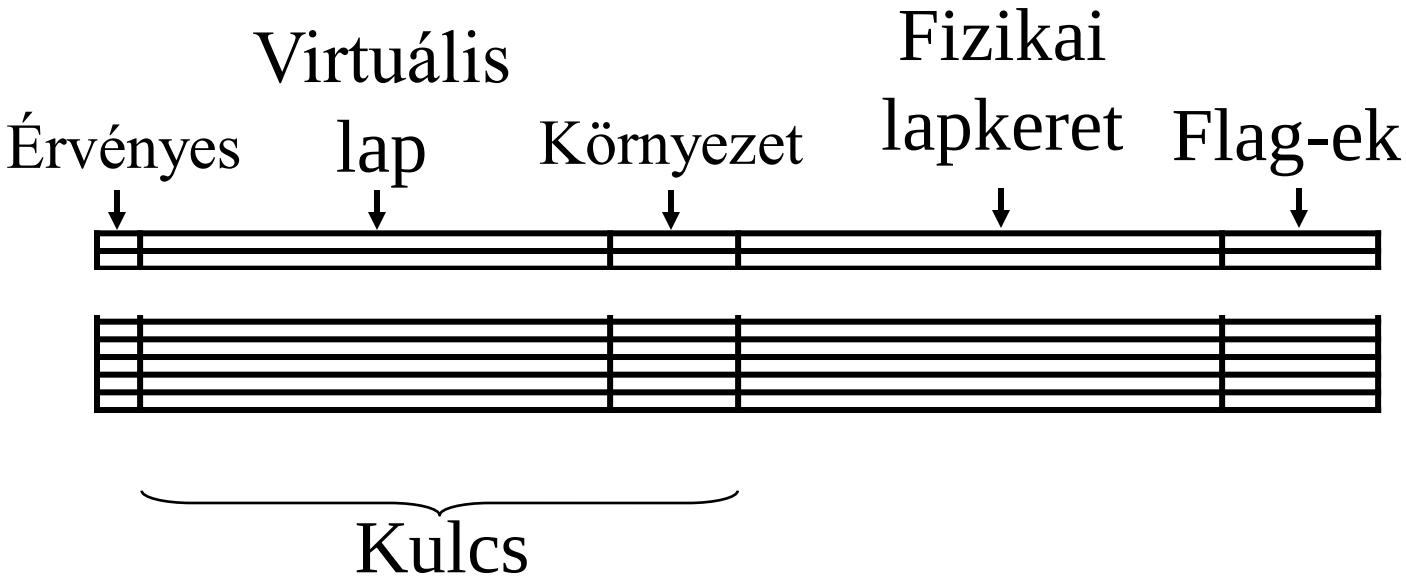
44 bitre korlátozva

maximum 41 bit

A memória kezelő egység (**MMU**) három szinten dolgozik:

- A legutóbb használt lapokat gyorsan megtalálja (hardver). A kód és az adat lapokat teljesen külön kezeli.
- A nem nagyon régen használtakat már lassabban (hardver segítséggel).
- A nagyon régen használtakat csak hosszas keresés után (szoftveres úton).

TLB (Translation Lookaside Buffer) a legutóbb használt 64 lap bejegyzését tartalmazza (**6.18. ábra**).

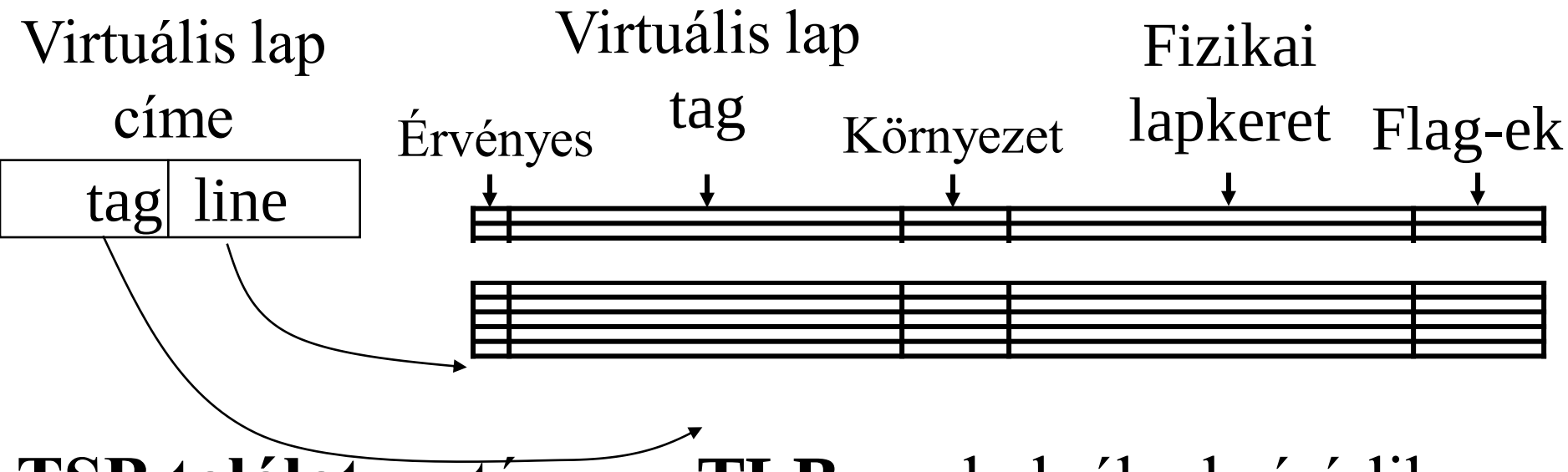


Környezet (context): processzus szám.

Asszociatív memória: Kulcs a keresett virtuális lap és a környezet.

TLB hiány (**TLB miss**) esetén: csapda.

TLB hiány esetén **TSB** folytatja a keresést (szoftver).
TSB (Translation Storage Buffer): olyan felépítésű, mint egy direkt leképezésű gyorsító tár (operációs rendszer építi fel, és kezeli a központi memóriában).



TSB találat esetén egy **TLB** sor helyébe beíródik a kért lapnak megfelelő bejegyzés.

TSB hiány esetén a **fordítótábla** (**translation table**) alapján keres. Ennek a táblának a szerkezetét az operációs rendszer határozza meg.

Egy lehetséges megoldás a tördeléses eljárás. Ebben az esetben a memóriába töltött virtuális lapok és a nekik megfelelő fizikai lapkeretek sorszáma listákba van helyezve. Ha a virtuális lap sorszáma p-vel osztva q-t ad maradékul, akkor csak a q-adik listát kell végignézni.

Ha ez se találja a keresett lapot, akkor nincs a memóriában.

Virtuális memória és gyorsító tár

Két szintű hierarchia:

Virtuális memória használatakor az egész programot lemezen tartjuk, fix méretű lapokra osztjuk.
Lap hiány esetén a lapot a központi memóriába töltjük (operációs rendszer).

Gyorsító tár esetén a központi memóriát gyorsító sorokra osztjuk.
Gyorsító tár hiány esetén a gyorsító sort a gyorsító tárba töltjük (hardver).