# Számítógép-architektúrák I. L-K-GINFBAL-SZAMARC1 A RAID működése, alkalmazása. Balog Olivér – A20I86 2021/22 – tavaszi félév

## A RAID fogalma

A RAID, teljes nevén Redundant Array of Independents Disks (magyarul: független lemezek hibatűrő tömbje) fogalma szorosan a felhasználásához kötődik. A RAID technológia alapja, hogy több független merevlemez összekapcsolásával egy nagyobb méretű logika lemezt hoznak létre.

Ennek az a célja, hogy több lemezt logikailag egy tömbbe állítanak össze, így ezek a lemezek együttesen működnek és a drágább lemezek sebességével és/vagy megbízhatóságával rendelkeznek: egyfajta tárolása ugyanazoknak az adatoknak egyszerre több helyen, merevlemezeken vagy SSD-ken védelemből, így a meghajtó meghibásodása esetén is megmaradnak az adatok egy másik lemezen.

A RAID-nek különböző szintjei vannak, és nem mindig a redundancia a célja.

A RAID által elért pontos sebesség és megbízhatóság a használt RAID típusától függ.

## A RAID működése

A RAID működése azon alapszik, hogy adatokat különböző lemezeken tárolunk és engedélyezzük az Input/Output (I/O) műveleteknek, hogy átfedjék egymást egy megfontolt módon, ezzel növelve a teljesítményt. Mivel több lemezt használunk, növeli a hibák közötti időt (egy mértékegysége a hardverek megbízhatóságának), így a redundáns adattárolás a hiba toleranciáját is megemeli.

A RAID tömbök a gyakorlatban az operációs rendszer számára egyetlen meghajtóként jelennek meg.

A RAID technológia lemeztükrözést és lemez csíkozást használ.

Lemeztükrözés [[1]](https://www.webopedia.com/definitions/disk-striping/)  
A számítógépes adattárolásban a lemeztükrözés a logikai lemezkötegek külön fizika merevlemezekre való valós idejű másolása a folyamatos rendelkezésre állás biztosítása érdekében, tehát az adategységeket egyszerre több tárhelyen is tároljuk, ezzel nem a sebességet, hanem az adatvesztés elleni biztonságot növelve. A tükrözött kötet a különálló kötetmásolatok teljes logika megjelenítése.  
Adatvesztés után a helyreállításban az adatok nagy távolságon keresztüli tükrözését tárolási replikációnak nevezik. Az alkalmazott technológiáktól függően a replikáció történhet szinkron, aszinkron, félszinkron vagy point-in-time. A replikáció a lemeztömb-vezérlő mikrokódján vagy a kiszolgálószoftveren keresztül engedélyezhető.  
A szinkron írással jellemzően nulla adatvesztéses helyreállítási érünk el.

Lemez csíkozás  
Egy technika arra, hogy adatot szórjunk szét különböző lemezeken. Minden meghajtó tárhelye egységekre van bontva, ami az 512 bájtos mérettől több megabájtnyi méretig terjed Az összes lemez csíkjai átlapoltan [[2]](https://en.wikipedia.org/wiki/Overlapped_I/O) és rendezetten címezett. A lemezcsíkozás fel tudja gyorsítani az olyan műveleteket, amik adatot nyernek ki a lemezről. Az olyan rendszerek, amelyek lemezcsíkozást használnak, általában engedélyezik a felhasználónak, hogy kiválasszák az adategység méretét vagy a csík szélességét.  
A lemezcsíkozásnak két módja létezik. Az egy felhasználós csíkozás relatív nagy adat egységeket használ és javítja a teljesítményét az egy felhasználós munkaállomásoknak, olyan módon, hogy megengedi a parallel adatmozgatást a különböző lemezekről. A több felhasználós csíkozás kisebb adategységeket használ, így javítva a teljesítmény a több-felhasználós környezetben, azáltal, hogy szimultán vagy átlapoló olvasási műveleteket enged végrehajtani több meghajtón.   
A lemezcsíkozás minden adategységet csak egy helyen tárol és így nem nyújt védelmet a tárhely meghibásodása [[3]](https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_disk_drive_failure) esetén.

A lemez- csíkozás és tükrözés lehet kombinálva is a RAID tömbben

Egy egy-felhasználós rendszerben, ahol nagy adategységek vannak tárolva, a csíkok általában kicsire vannak méretezve (pl. 512 bájt [[4]](https://solutionsreview.com/data-storage/data-storage-units-of-measurement-chart-from-smallest-to-largest/)), így tehát egy adategység átnyúlik minden lemezen és nagyon gyorsan olvasható, azáltal, hogy egyszerre az összes meghajtóról olvasunk.  
Egy több felhasználós rendszerben, a jobb teljesítmény egy annyira széles csíkot követel, hogy lefedje az általános vagy a lehető legnagyobb méretű egységet, ezzel lehetővé téve az átlapolt lemez írás/olvasást a meghajtók között.

## RAID vezérlő

A RAID vezérlő egy olyan eszköz ami kezeli a lemezmeghajtókat egy tárhely-tömbben. Egy absztrakciós szintként használható az operációs rendszer és a fizikai lemezek között, megjelenítve a lemezek csoportját egyetlen logikai egységként. RAID vezérlő használatával növelhető a teljesítmény és segít megvédeni az adatokat egy esetleges hiba esetén.   
Egy RAID vezérlő lehet hardver és szoftver alapú is.

## Hardver [[7]](https://hu.wikipedia.org/wiki/Hardver) alapú RAID

Egy fizika vezérlő kezeli az egész tömböt. A vezérlő képes lehet kezelni olyan formátumokat is mint a Serial Advanced Technology Attachment (SATA) [[5]](https://hu.eyewated.com/mi-a-serial-ata-sata-kabel/) és a Small Computer System Interface [[6]](https://www.datapro.net/techinfo/scsi_doc.html) (SCSI – egy helyi busz típusú interfész több eszköz csatlakoztatásához ( egyszerre max. 8), azokat kezdeményező és célpont kategóriába osztva. Ma már nem nagyon használatos.)   
Egy fizikai RAID vezérlő ezen kívül beépíthető egy szerver alaplapjába.

## Szoftver [[8]](https://hu.wikipedia.org/wiki/Szoftver) alapú RAID

A szoftver alapú RAID vezérlő a hardver-rendszer erőforrásait használja föl, mint pl. a központi processzort és memóriát. Ugyan ugyanazokat a feladatokat látja el, mint a hardver alapú RAID vezérlő, a szoftver alapú nem minden esetben nyújt elégséges teljesítmény növekedést és leronthatja a szerveren lévő többi szoftver teljesítményét.   
Ha egy szoftver alapú RAID kivitelezés nem kompatibilis a rendszer elindulási folyamatával és a hardver alapúak túl drágák, akkor a firmware, azaz driver alapú RAID is egy potenciális lehetőség.

## Firmware [[9]](https://www.techopedia.com/definition/2137/firmware) alapú RAID

A Firmware-RAID vezérlő csipek az alaplapon helyezkednek el és minden műveletet a központi processzor (CPU) lát el, hasonlóan a szoftveres RAID-hez. Ugyanakkor, Firmwaresen a RAID rendszer csak a szerver beindítási folyamata közben lép működésbe. Amikor az operációs rendszer betöltött, a vezérlő driver felveszi a RAID funkcionalitását. Egy firmware-RAID nem annyira költséges, mint egy hardveres lehetőség, de több terhet jelent a számítógép processzorára. A Firmware-alapú RAID-eket másképpen hardver-támogatott szoftveres RAID-nek, hibrid RAID-nek vagy hamis RAID-nek is nevezik.

## RAID szintek

A RAID eszközök különböző verziókat, úgynevezett szinteket használnak. Az eredeti írás, ami meghatározta a fogalmat és leírta a RAID felépítés koncepcióját, hat RAID szintet különböztetett meg, 0-tól 5-ig. Ez a számozott rendszer lehetővé tette az IT világában, hogy megkülönböztethetőek legyenek a RAID fajtái. A szintek száma azóta megnövekedett és három kategóriára lett osztva: szabvány/alapértelmezett, beágyazott és nem-szabvány RAID szintekre.

## Szabvány RAID szintek

### RAID 0

Ennek a szintnek van lemezcsíkozása, de nincs adat redundanciája. Ez nyújtja a legjobb teljesítményt, de nem ad toleranciát a hibára.

### RAID 1

Másképpen lemeztükrözés, ez a szint legalább kettő lemezmeghajtóból áll, ami duplikálja a tárolt adatokat és nincs csíkozás. Az olvasási sebesség gyorsabb, mivel minden lemez olvasható egyszerre, illetve az írási sebesség ugyan olyan sebességű, mintha egy lemezre írnánk.

### RAID 2

Ez már használ lemez csíkozást a meghajtóokon, valamennyi lemez tárolási hiba ellenőrzéssel és javítással (ECC [[10]](https://en.wikipedia.org/wiki/Error_correction_code)). A RAID 2 ezen kívül használ egy dedikált Hamming kód (Egy csoport hiba-javító kód, ami arra használható, hogy felfedje és javítsa a hibákat, amik akkor történnek, amikor az adat mozgatva van vagy eltárolásra kerül a küldőtől az fogadóhoz) paritást, ami egy lineáris formája az ECC-nek. Ennek a szintnek nincs előnye a RAID 3-al szemben, ezért már nem használják.

### RAID 3

Ez a technika használ csíkozást és kinevez egy meghajtót arra, hogy paritás [[11]](https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/parity) adatot tároljon. A beágyazott ECC információt arra használja, hogy hibákat keressen. Az adat helyreállítása a többi lemezen tárolt exkluzív információ számításával történik. Mivel egy I/O folyamat minden meghajtót használ egyszerre, ezért a RAID 3 nem tud átlapot írás/olvasást, ezért ez a szint az egy-felhasználós rendszereknél, hosszú tárolási folyamatokkal a legjobb felhasználású.

### RAID 4

Ez a szint nagy csíkokat használ, ami azt jelenti, hogy a felhasználó bármelyik meghajtóról tud olvasni adatot. Átlapolt I/O használható az olvasási folyamatokhoz. Mivel minden írási műveletnek frissítenie kell a paritás lemezt, ezért átlapot I/O írás nem érhető el.

### RAID 5

Ez a verzió a blokk-szintű csíkozáson alapszik. The paritás információ fel van csíkozva minden lemezen, ezáltal lehetővé téve a lemeztömböt, hogy tovább működjön akkor is, ha egy lemez meghibásodik. A tömb architektúrája által egyszerre több lemez is írható és olvasható. Ez jobb teljesítményben mutatkozik, mint az egy meghajtós paritás, de nem annyira jó a teljesítménye, mint a RAID 0 tömböknek. A RAID 5 legalább három lemezt követel meg, de általában legalább 5 meghajtó az ajánlatos hozzá a megfelelő teljesítményért.   
A RAID 5 tömbök általánosan rossz döntésnek számítanak egy olyan rendszerben, ahol nagyon sok írási művelet szükséges, mert a teljesítmény arányosan romlik a paritás adat írásának nagyságával. Amikor egy lemez meghibásodik, sok időbe telhet újraépíteni a RAID 5 tömböt.

### RAID 6

Ez hasonlít a RAID 5-höz, de ez tartalmaz egy második paritás rendszert szétszórva a lemezek között a tömbben. A plusz partiás lehetővé teszi a tömböt, hogy tovább működjön, akkor is, ha egyszerre kettő lemez is hibás lesz. Ugyanakkor, ennek az extra védelemnek az az ára, hogy a RAID 6 tömböknek, sokszor lassan írási képességük van a RAID 5-el szemben.

## Beágyazott RAID szintek

Azok a RAID szintek, amik a szabványos RAID szintek kombinációján alapszik, úgy hívják, hogy beágyazott RAID.

### RAID 10 (RAID 1+0)

A RAID 1 és a RAID 0 kombinációja. Ezt a szintet RAID 10-nek is nevezik, ami gyorsabb sebességet ajánl, mint a RAID 1, de sokkal drágábban. A RAID 1+0-ban az adat tükrözött és a tükrök csíkozva vannak.

### RAID 01 (RAID 0+1)

A RAID 0+1 hasonló a RAID 1+0-hoz, azzal a kivétellel, hogy az adat organizációs eljárása különbözik. Az helyett, hogy a tükröket csíkozza, a RAID 0+1 csík-készletet csinál, és azt tükrözi.

### RAID 50 (RAID 5+0)

Ez kombinálja a RAID 5 megosztott paritását és a RAID 0 csíkozását, hogy javítsa a RAID 5 teljesítményét, anélkül, hogy csökkenteni kelljen az adat védelmét.

## Nem-szabványos RAID szintek

A nem szabványos RAID szintek különböznek a szabványosoktól és általában cégek és organizációk által saját használatra kifejlesztett szintek.

### RAID 7

Egy nem-szabványos RAID szint, ami a RAID 3 és a RAID 4-en alapszik, hozzájuk adva a gyorsítótárazást. Tartalmaz egy valós idejű beágyazott operációs rendszert a vezérléshez, így gyorsítótárazható nagy sebességű buszon keresztül és ezen kívül olyan előnyöket ad, amit egy különálló számítógép tud nyújtani.

### Adaptív RAID

Ez a verzió engedélyezi, hogy eldönthető legyen, hogy hogyan tároljuk a paritást a lemezeken. A RAID 3 és RAID 5 között lehet választani. Az alapján döntenek, hogy milyen RAID típus fog jobban teljesíteni azzal a fajta adattal, amit majd írnak.

### Linux MD RAID 10

Ez a szint a Linux kernel által elérhető. Támogatja a beágyazott és nem-szabványos RAID tömböket. A Linux szoftver-RAID ezen kívül támogatja a szabványos RAID 0, RAID 1, RAID 4, RAID 5 és RAID 6 konfigurációk létrehozását is.

## Hardveres – szoftveres RAID összehasonlítás

A RAID vezérlők szoftveresen vagy hardveresen lehetnek implementálva. A hardver alapú RAID támogat különböző RAID konfigurációkat és a RAID 5 és 6-hoz kifejezetten alkalmasabbak. A hardveres RAID 1 alkalmasabb a boot folyamat és az alkalmazás futási sebességének támogatására, míg a hardveres RAID 5 a nagy tárkapacitású tömbökhöz alkalmasabb. A hardveres RAID 5-nek és 6-nak jó a teljesítménye/sebessége.  
A hardver alapú RAID-hez szükséges egy dedikált vezérlőnek telepítve lennie a szerveren. A RAID vezérlők a hardverben egy I/O kártyán (másnéven interfész kártya, adapter vagy vezérlő [[12]](https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/expansion-card)) vagy Option ROM (Firmware, amit a BIOS hív meg. Az Option ROM-ok csak olvasható memóriák és BIOS firmware-t helyeznek el más hardveren (pl. videókártya, hálózati kártya, … [[13]](https://en.wikipedia.org/wiki/Option_ROM)) -on keresztül lesznek beállítva, az operációs rendszer indulása előtt vagy után. A RAID vezérlő gyártók általában mellékelnek egy erre alkalmas szoftvert is az általuk támogatott operációs rendszerhez.  
Szoftver alapú RAID-et sok mai modern operációs rendszer kínál. Többféle képen is implementálható, például:

* A fájlrendszer komponenseként
* egy olyan rétegként, ami eszközöket absztraktál egyetlen virtuális eszközként
* egy rétegként a fájlrendszer fölött

A RAID vezérlésének ez a fajtája a rendszer számítási teljesítményének egy részét felhasználja, hogy kezelje a szoftveres RAID konfigurációt. Példaként, a Windows támogatja a szoftveres RAID 0, 1 és 5-öt, illetve a MacOS a RAID 0,1 és 1+0-át.

## A RAID előnyei

A RAID használatának előnyei között szerepelnek:

* Javuló ár-érték arány, mivel olcsóbb lemezek használhatóak nagy számban.
* A több merevlemez használata lehetővé teszi a RAIDnek, hogy javítsa a lemezekre eső teljesítményt.
* Gyorsabb számítási sebesség és megbízhatóság egy meghibásodás után (nagyban függ a RAID konfig.-tól)
* az írási és olvasási műveletek gyorsabban elvégződnek, mint egy egy-lemezes RAID 0-al, mert a fájlrendszer megosztott lesz a lemezek között, amik együtt dolgoznak.
* Jó hozzáférhetőség és rugalmasság tartozik a RAID 5-höz. A lemez tükrözéssel kettő meghajtó is tartalmazhatja ugyanazt az adatot, ezáltal az egyik továbbra is használható a másik meghibásodása esetén is.

## A RAID hátrányai

A RAID-nek megvannak a maga határai. Ezek közül néhány:

* A beágyazott RAID szintek sokkal drágábban kialakíthatóak, mint a hagyományos RAID szintek, mert több lemezt igényelnek.
* Az ár-per-gigabyte a meghajtókra nézve drágább a beágyazott RAID-hez, mert sok lemez csak redundanciára van használva.
* Amikor egy meghajtó meghibásodik, a valószínűsége mengől, hogy egy másik lemez a tömbben is hamarosan elromlik, ami adatvesztéshez vezet. Ennek ez az oka, hogy a tömbben lévő lemezek ugyanakkor lettek beépítve, tehát az összes lemez várhatóan hasonló élettartamú lesz.
* A RAID pár szintje, pl.: RAID 1, 5 – csak egyetlen lemez meghibásodást viselnek el.
* A RAID tömbök és az adat rajtuk sérülékenyek, ameddig az elromlott meghajtó nincs kicserélve és újra töltve adattal.
* Mivel a lemezek manapság sokkal nagyobb tárhelyűek, mint amikor a RAID használata kialakult, sokkal tovább tart kicserélni egy meghibásodott meghajtót.
* Ha lemezhiba történik, esély van rá, hogy a többi, még épp lemezeknek vannak hibás szektoraik vagy olvashatatlan adat, ami lehetetlenné teheti, hogy teljesen visszaállítsuk a tömböt.

Ugyanakkor, a beágyazott RAID szintek a nagyfokú redundanciával megoldják a problémát, csökkentve a tömb szintű hiba lehetőségének az esélyét a lemezek meghibásodás esetén.

## Mikor érdemes RAID-et használni?

Esetek, amikor érdemes a RAID mellett dönteni:

* **Ha nagy mennyiségű adatot kell visszaállítanunk.** Ha egy meghajtó elromlik és elveszik az adat, akkor az gyorsan visszaállítható, mert ugyanez az adat más lemezen is tárolva van.
* **Amikor a zavartalan működés és elérhetőség fontos tényezők.** Ha az adatokat vissza kell állítani, gyorsan elvégezhető, működési szünet nélkül.
* **A terhelés csökkentése a hardveren és a teljesítmény növelése fontos.** Példaként, egy hardveres RAID kártya tartalmazhat további memóriát, ami gyorsítótárként használható.
* **I/O lemez problémák esetén.** A RAID nagyobb áteresztőképességet ad azáltal, hogy egyszerre több lemezről képes írni és olvasni, ahelyett, hogy megkellene várnia, hogy egy lemez végezzen a feladatával.
* **Költség.** A RAID tömbök ára manapság olcsóbb, mint régen és sok alacsony árazású lemezekkel használható, ezzel olcsóbbá téve.

## A RAID története

A RAID fogalmát 1987-ben David Patterson, Randy Katz és Garth A. Gibson alkotta meg,. Az 1988-as technikai jelentésük („A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID) [[14]](https://www.cs.cmu.edu/~garth/RAIDpaper/Patterson88.pdf)) szerint azon vitáztak, hogy olcsó lemezek tömbje megtudja-e haladni az akkori idők legdrágább (egy-egy)lemezek teljesítményét. A redundancia használatával egy rAID tömb megbízhatóbb tud lenni, mint bármelyik lemezmeghajtó.

Ugyan ez a cikk volt az első, ami megfogalmazta a RAID nevet, a redundáns lemezek használatát addigra már mások is tárgyalták. Robert „Gus” German és Ted Grunau először MF-100-ként hivatkozott az ötletre. Az IBM kutatója, Norman Ken Ouchi 1977-ben töltött ki egy szabadalmat a technológiára, ami később a RAID 4 nevet kapta. 1983-ban a Digital Equipment Corporation kiadta a meghajtókat, amikből később a RAID 1 lett, és 1986-ban egy másik IBM-es szabadalom lett benyújtva, ami a RAID 5 volt.

Az 1988-as jelentésben leírt RAID szintek listája olyan technológiáknak adott neveket, amik addigra már használatban voltam, ezáltal megteremtve a szükséges szaknyelvet a koncepcióhoz, ami aztán segítette az adattárhely-piacot, hogy több RAID tömb terméket fejlesszenek.

Randy Katz szerint az a fogalom, hogy „olcsó” (inexpensive szó a RAID-ben (…inexpensive disks…) hamar lecserélődött arra a piac-vezetők által, hogy „független” (redundant array of independent disks), hogy ne vonjanak le rossz következtetéseket a felhasználók a technológiáról, az olcsó szó kikövetkeztetéseképpen.

## A RAID jövője

Bár a RAID még használatos, mégis sok analitikus azt állítja, hogy a technológia jelentéktelenné vált az elmúlt évek során. Alternatívák, mint a törlési kód [[15]](https://stonefly.com/blog/understanding-erasure-coding), jobb adatvédelmet nyújtanak (magasabb árért cserében), és ezek azzal a céllal lettek fejlesztve, hogy kiküszöböljék a RAID gyengeségeit. Ahogyan a lemez méret növekszik, úgy vele együtt a RAID tömb hibának lehetősége is nől.

Az SSD-k elterjedésével szintén láthatólag kisebb szükség van a RAID-ekre. Mivel az SSD [[16]](https://hu.wikipedia.org/wiki/Tart%C3%B3s_%C3%A1llapot%C3%BA_meghajt%C3%B3) -knek nincs mozgó alkatrészük, nem romlanak el olyan sűrűn, mint a merevlemezek. Az SSD sokszor használnak olyan technikákat is, mint az elhasználódottsági szintezés [[17]](https://www.techtarget.com/searchstorage/definition/wear-leveling). A modern SSD-k vannak olyan gyorsak, hogy nem biztos, hogy szükségük van a kis teljesítmény növekedésre, amit ezzel szemben egy RAID kínál. Ugyanakkor, az adatvesztés megelőzése miatt, néha még használják. A hiperskálás számítástechnika szintén eltörli a szükségét a RAID-nek, a redundáns lemezek helyett redundáns szervereket használva.

Ettől független, a RAID még mindig egy beleivódott techológia az adattárolásban és a vezető technológiai cégek továbbra is fejlesztenek RAID termékeket. Például:

* Az IBM nyújta az IBM DIstributed RAID, azaz DRAID-ot, a Spectrum Virtualize V8.3 techológiával, ami RAID teljesítmény növekedést ígér.
* A legújabb Intel Rapid Storage Technology verzió támogatja a RAID 0, 1, 5 és 10-et.
* A NetApp OnTap menedzsment szoftver RAID-DP(dupla-paritás, RAID 4)-t használ, akár 3 egyidejű lemezhiba kivédésére.
* A Dell EMC Unity platform támogatja a RAID 5,6 és 10-et.