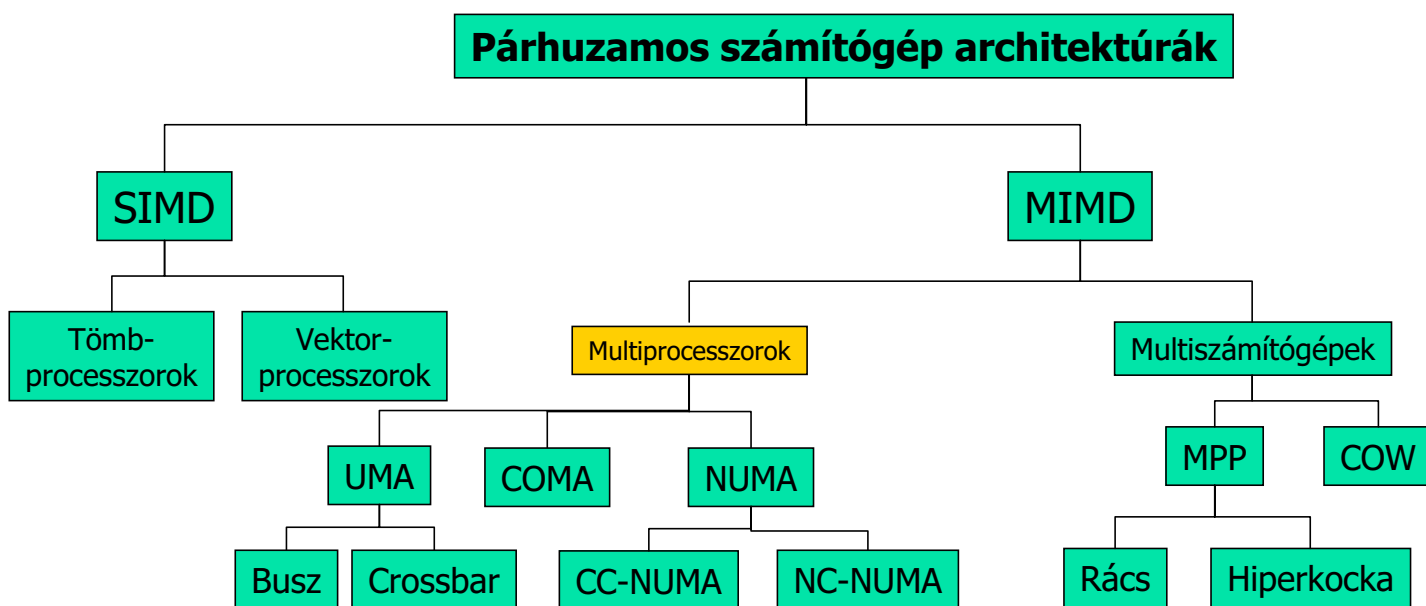


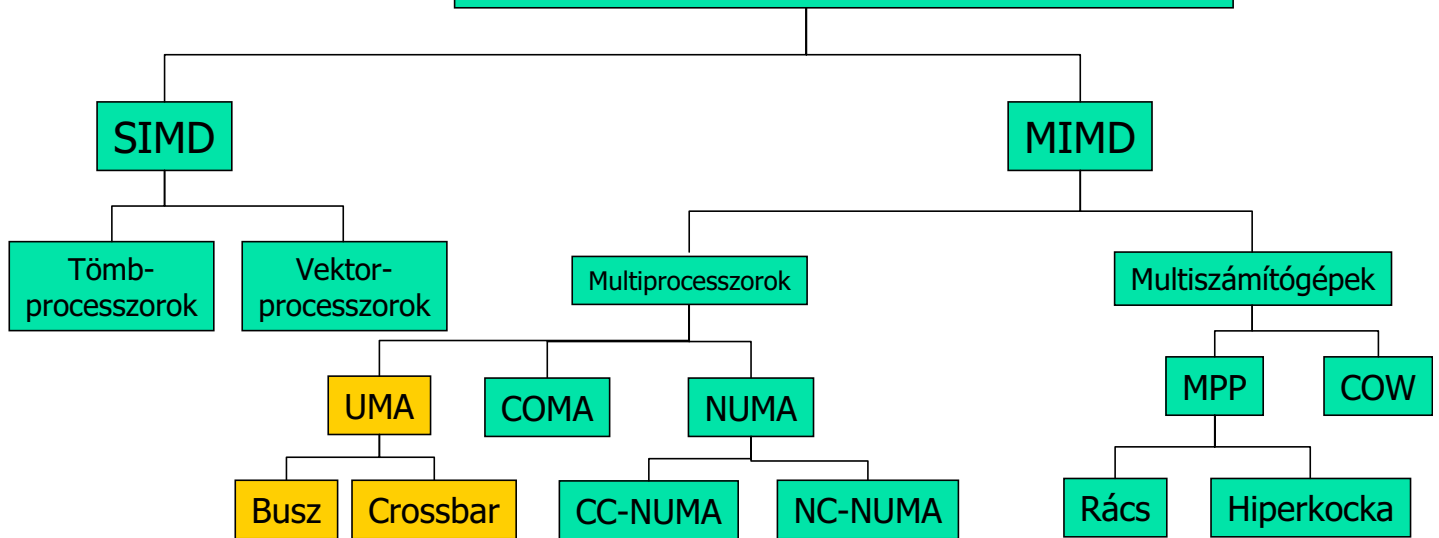


Multiprocesszorok

A multiprocesszor rendszer egy olyan számítógép, amelyben minden CPU **egy közös címzésű tárterületet** használ. Az operációs rendszernek egy példánya fut.

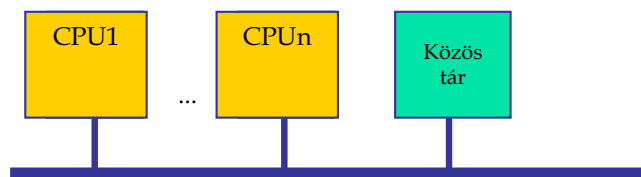
SMP (Symmmetric MultiProcessor) – minden CPU elérí az összes memóriamodult és be/kiviteli eszközt.

Párhuzamos számítógép architektúrák



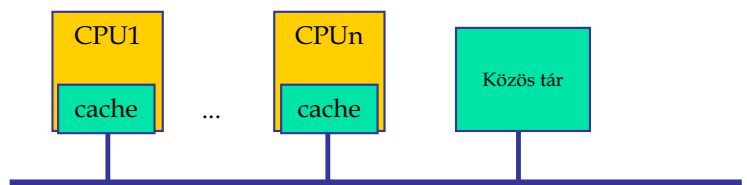
Sínrendszerű SMP-architektúrák

UMA Gyorsító tár nélkül

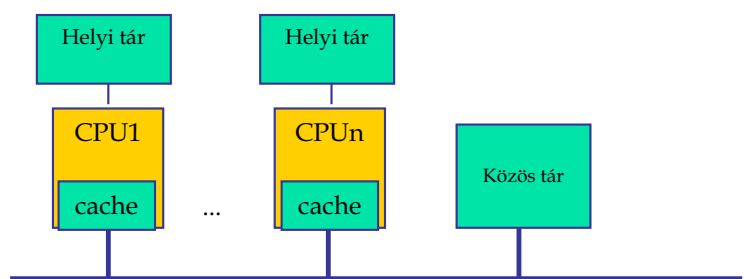


UMA Gyorsító tárral

Memóriakonzisztencia probléma



NUMA gyorsító tárral és helyi memóriával



Gyorsító tár koherencia protokoll „Write-Through” – írásáteresztő protokoll

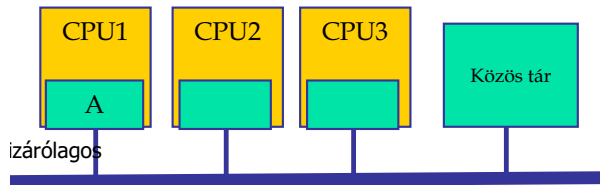
Cselekvés	Helyi kérés	Távoli kérés	Szaglászó cache
Olvasási hiba	Behozza a memóriából az adatot	-	Nem tesz semmit
Sikeres olvasás	Helyi gyorsító tárban lévő adatot használ	-	Nem vesz észre semmit
Írási hiba	Frissíti a memóriában az adatot	-	Ellenőrzi, hogy az írandó szó nála is van-e. Ha igen, eltávolítja azt.
Sikeres írás	Frissíti a gyorsító tárat és a memóriát	Érvényteleníti a gyorsító tár bejegyzést	Ellenőrzi, hogy az írandó szó nála is van-e. Ha igen, eltávolítja azt.

A MESI gyorsító tár koherencia protokoll

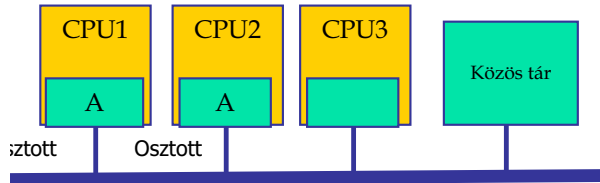
1. Érvénytelen (**I**nvalid) – A gyorsító tár bejegyzés nem tartalmaz érvényes adatot.
2. Osztott (**S**hared) – Több gyorsító tár tartalmazhatja a sort, a memória frissítve van.
3. Kizárólagos (**E**xclusive) – Más gyorsító tár nem tartalmazza a sort, a memória frissítve van.
4. Módosított (**M**odified) – A bejegyzés érvényes, a memória nincs frissítve, másolatok nincsenek.

A MESI gyorsító tár koherencia protokoll

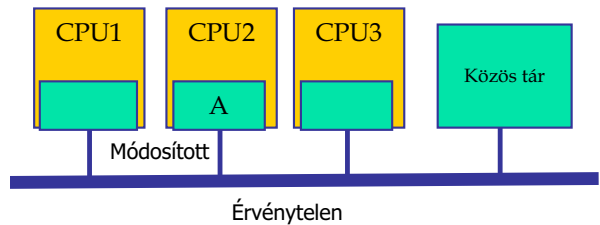
1. CPU1 olvassa az A blokkot



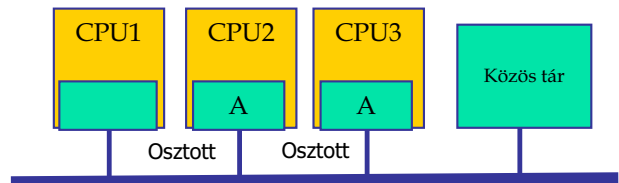
2. CPU2 olvassa az A blokkot



3. CPU2 írja az A blokkot

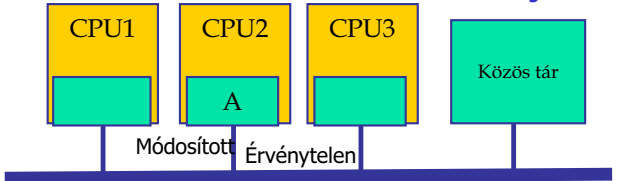


4. CPU3 olvassa A blokkot

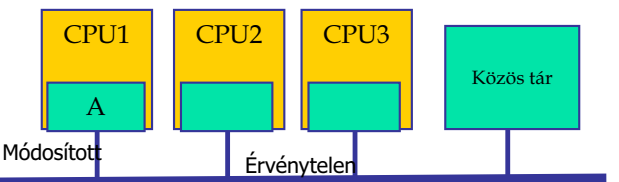


CPU3 vár, amíg CPU2 visszaírja a sort a memóriába és a Módosított állapotot Osztottra változtatja.

5. CPU2 írja az A blokkot

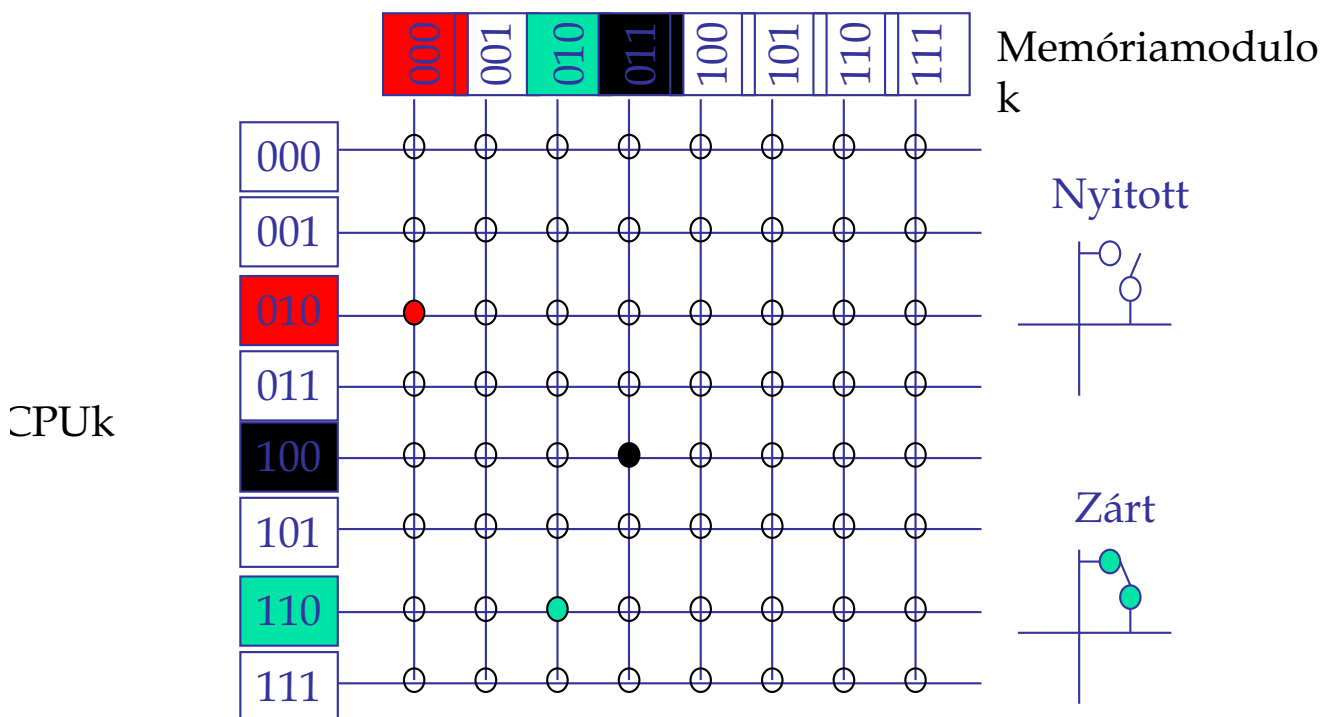


6. CPU1 írja az A blokkot



CPU1 vár, amíg CPU2 visszaírja a sort a memóriába és a Módosított állapotot Osztottra változtatja.

UMA multiprocesszorok crossbar kapcsolóhálózattal (Crossbar Switch)



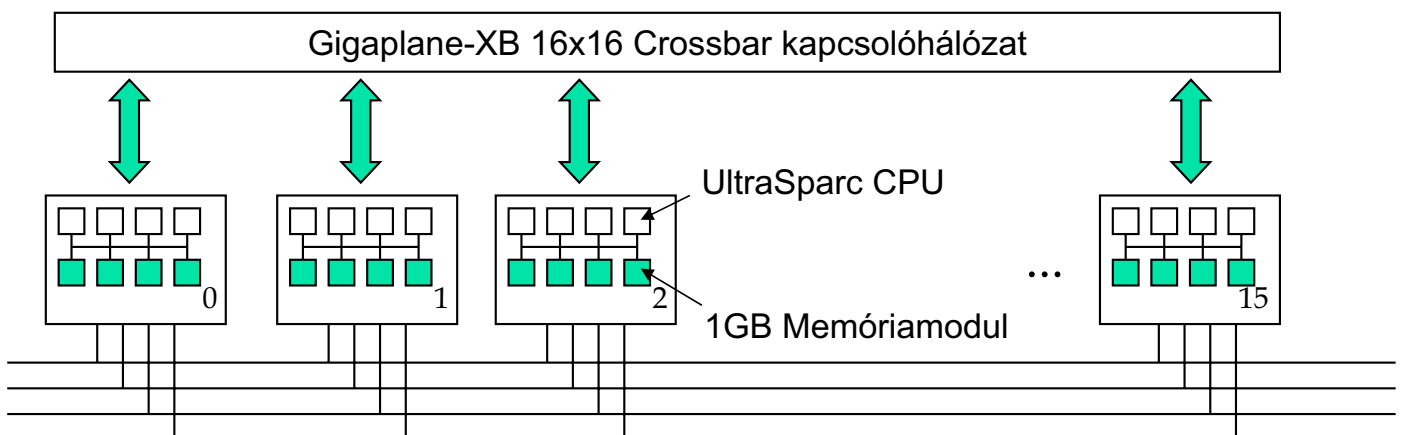
Nem blokkoló hálózat

Sun Enterprise 10000



Modell	Sun Enterprise 10000
Gyártó	Sun Microsystems
Gyártás éve	1998
Processzorok	64-ig skálázható <u>UltraSPARC® II</u>

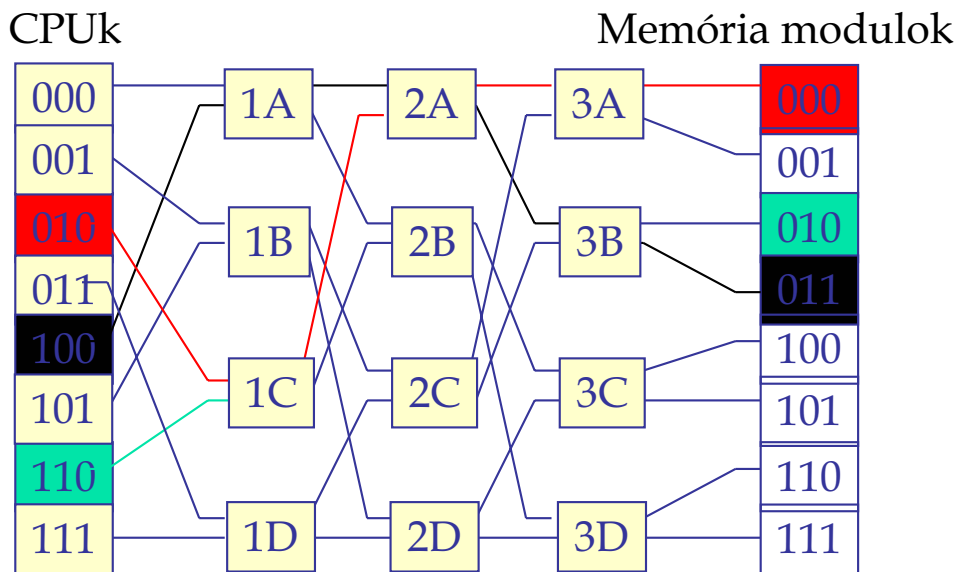
Sun Enterprise 10000 SMP architektúrája



4 címbusz a szimatoláshoz

Többszintű kapcsolóhálózatot használó UMA multiprocesszorok

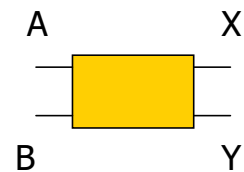
Omega kapcsolóhálózat



$(n/2)\log_2 n$ kapcsoló

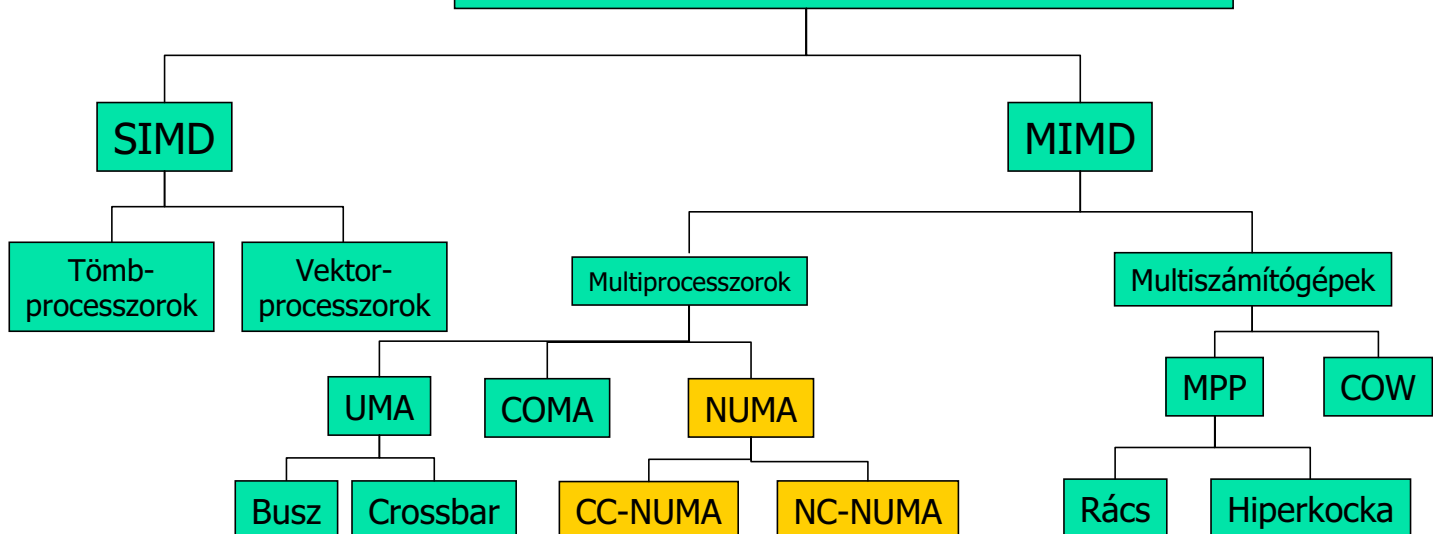
Blokkoló hálózat

Egy 2x2 kapcsoló



Modul	Cím	R/W	Érték
-------	-----	-----	-------

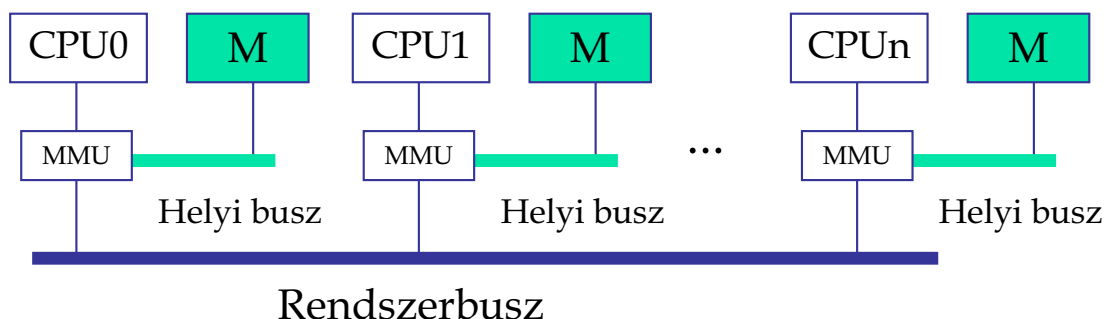
Párhuzamos számítógép architektúrák



NUMA multiprocesszorok (Non-Uniform Memory Access)

1. Az össze CPU **közös** címtartománnyal rendelkezik.
2. A távoli memória-elérés **LOAD-** und **STORE utasításokkal** történik.
3. A távoli memória elérése **lassabb**, mint a helyi memóriáé.

NC-NUMA multiprocesszorok



Non-Cache NonUniform Memory Access

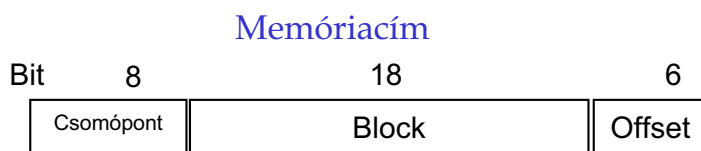
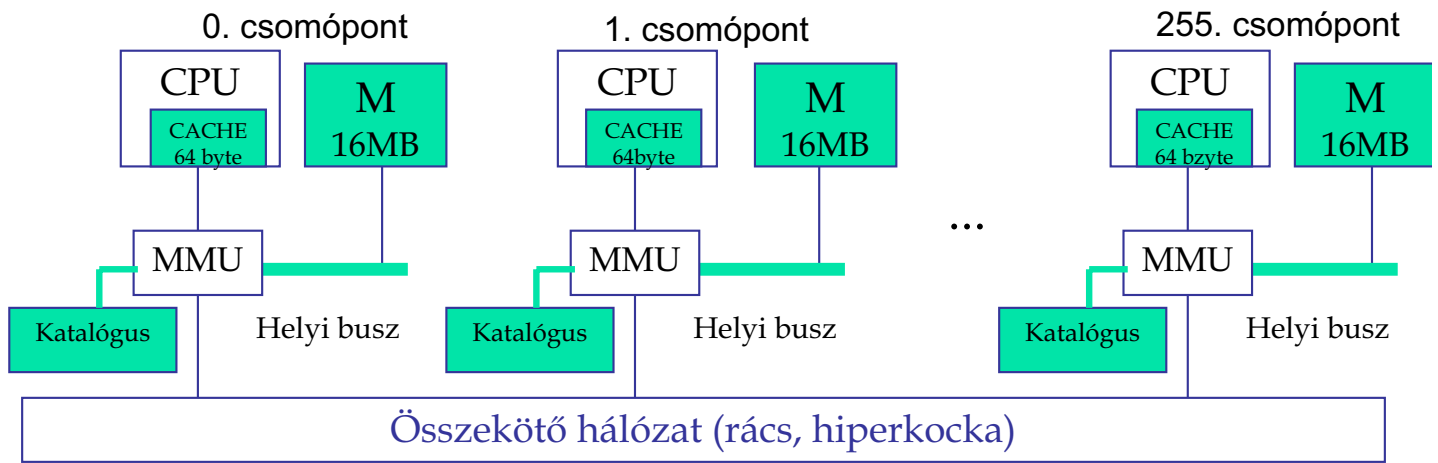
Nincs cache, minden memóriaszó egy példányban létezik, így nem léphet fel koherencia probléma. Fontos a fordítóprogram szerepe a memória lapok szervezésében. A lapok cserélhetőek.

Modell	CM*
Gyártó	Carnegie-Mellon University
Gyártás éve	1976
Processzorok	LSI-11

CC-NUMA multiprocesszorok

Cache Coherent NonUniform Memory Access

Directory Based Multiprocessor



Az i. csomópont katalógusa

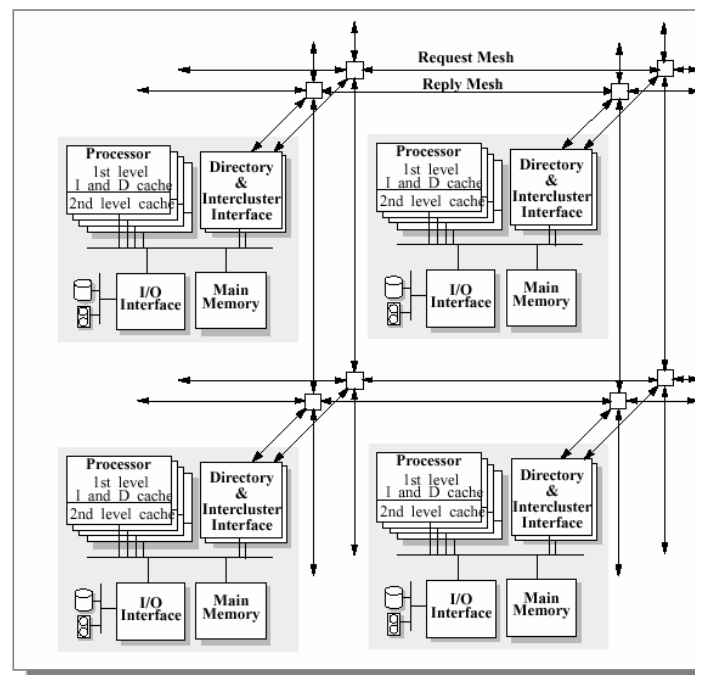
$2^{18}-1$	0	
	...	...
2	1	82
1	0	
0	0	

Stanford DASH multiprocesszor

(Directory Architecture for Shared Memory)

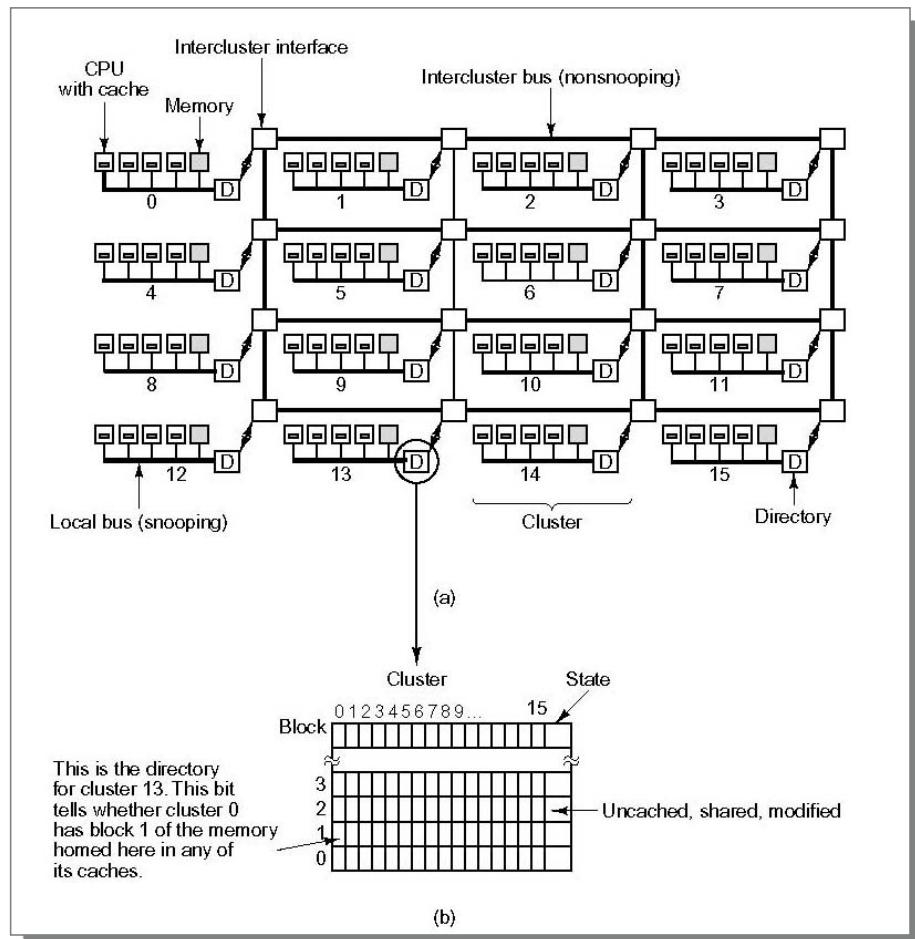
DASH katalógus

	0	1	2	3	4	5	14	15	Állapot	
...										
2	1			1				1		
1		1			1					
0							1			

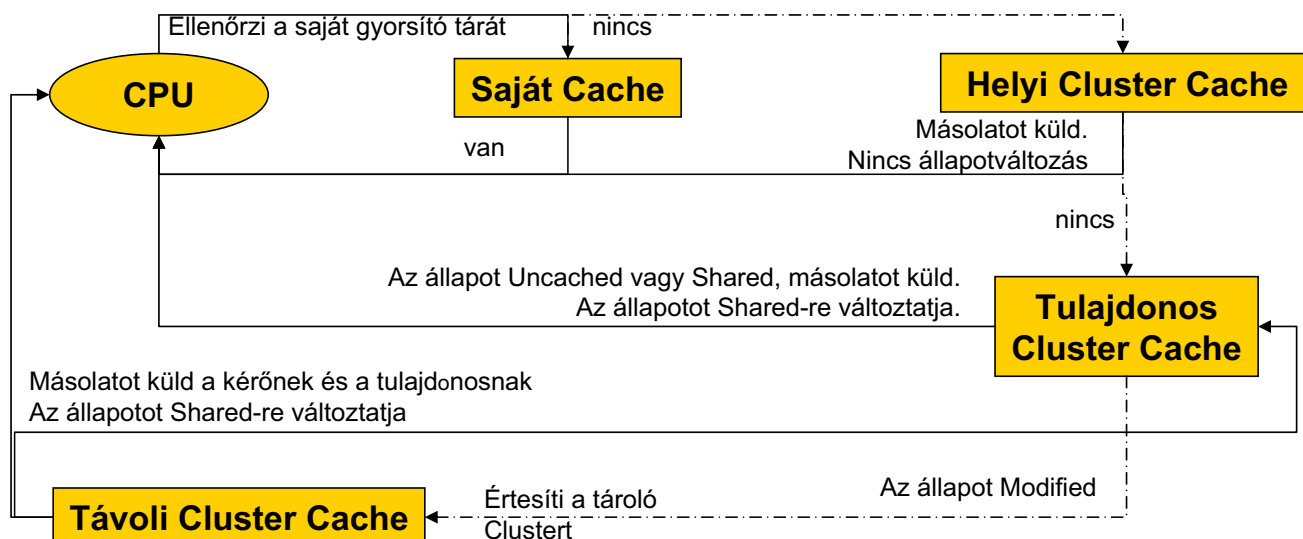


Állapot: Uncached – A sor egyetlen másolata ebben a memóriában található.
 Shared - A memória frissített, a sor több gyorsító tárban is előfordulhat.
 Modified – A memória érvénytelen, csak egy gyorsító tár tartalmazza a sort.

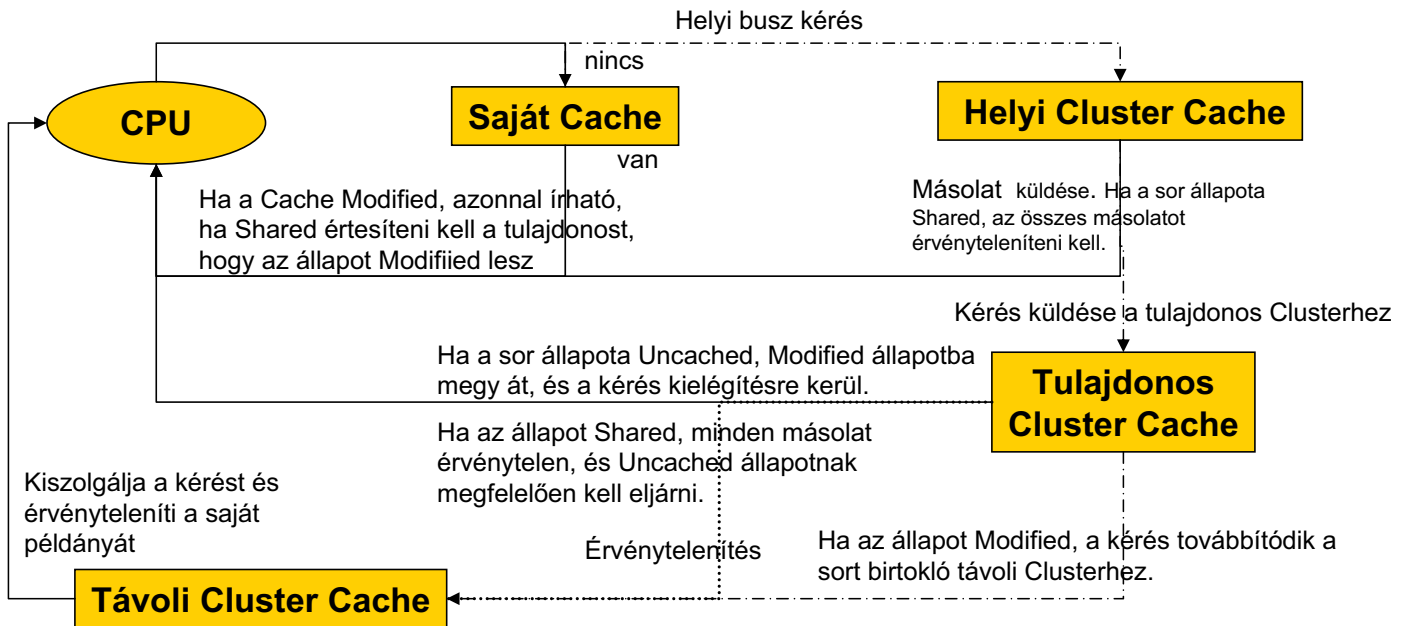
DASH architektúrája



DASH olvasási folyamat



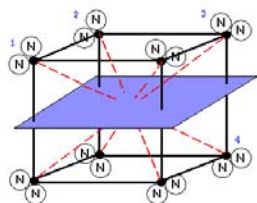
Dash írási folyamat



SGI Origin 2000

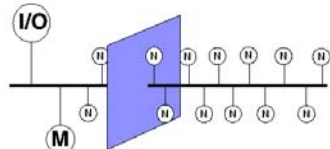
ccNUMA link

ccNUMA CrayLink Interconnect (with Xpress Links)

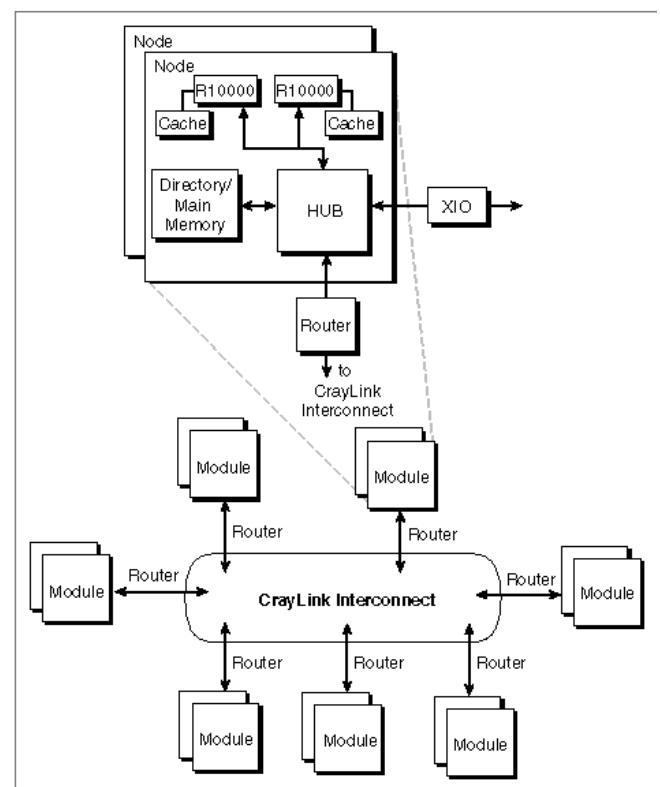


Interconnect Bandwidth: 1.56 GB/sec peak
 Number of CrayLinks Bisected: 8
 Bisecton Bandwidth: $8 \times 1.56 = 12.5$ GB/sec
 Number of Processors: 32
 Bandwidth/Processor: $12.5 \text{ GB} / 32 = 390 \text{ MB/sec}$

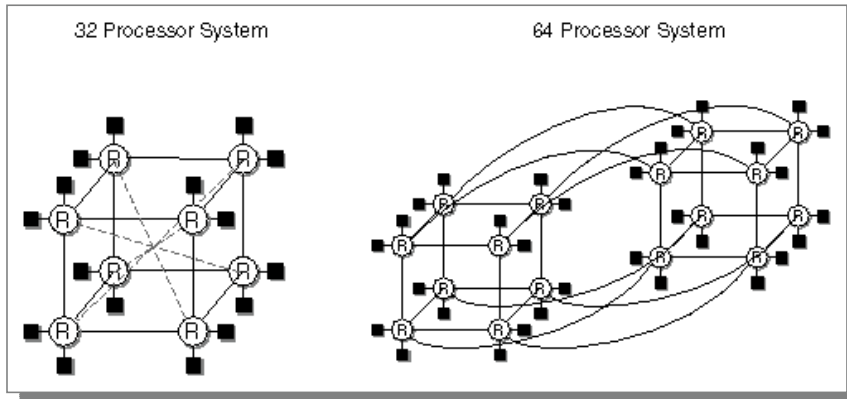
SMP bus



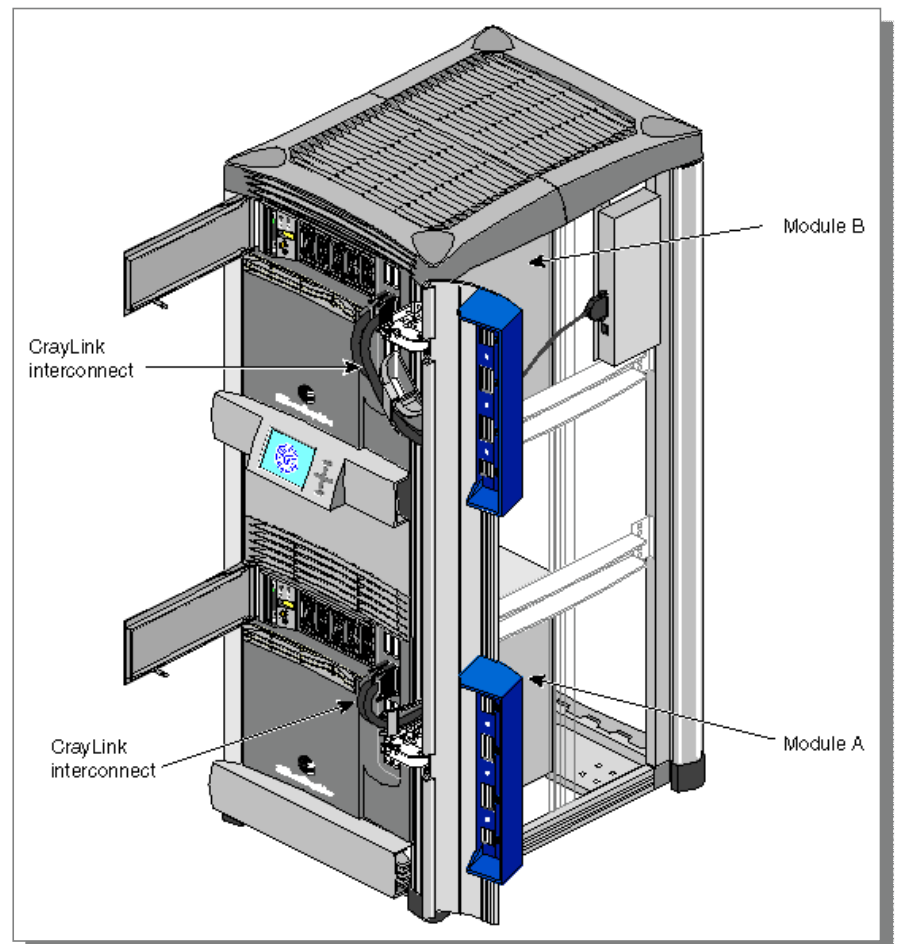
Bus Bandwidth: 2.5 GB/sec
 Bisecton Bandwidth: 2.5 GB/sec
 Number of Processors: 30
 Bandwidth/Processor: $2.5 / 30 = 83 \text{ MB/sec}$



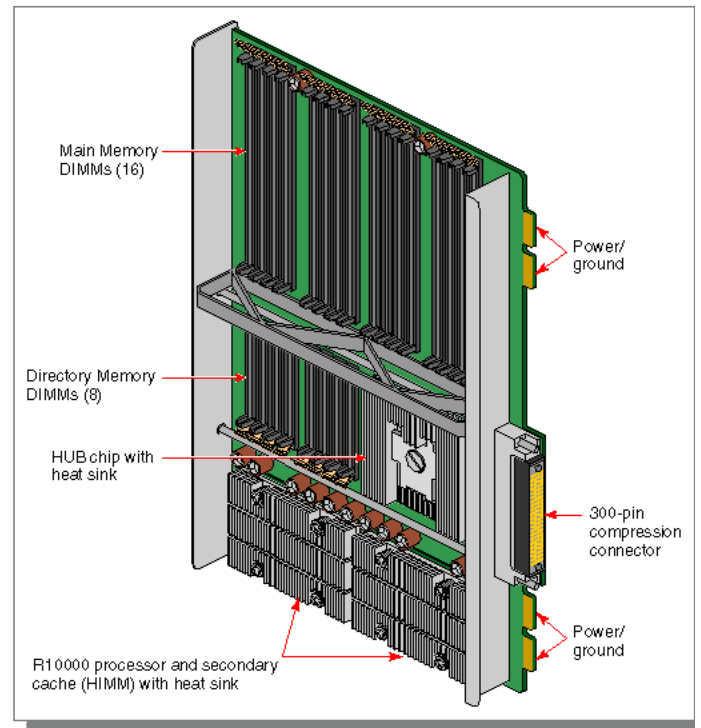
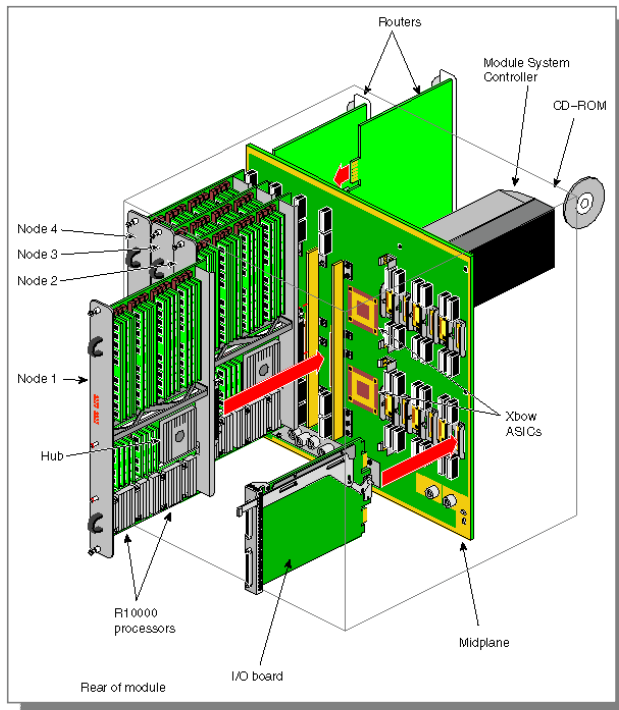
SGI Origin 2000



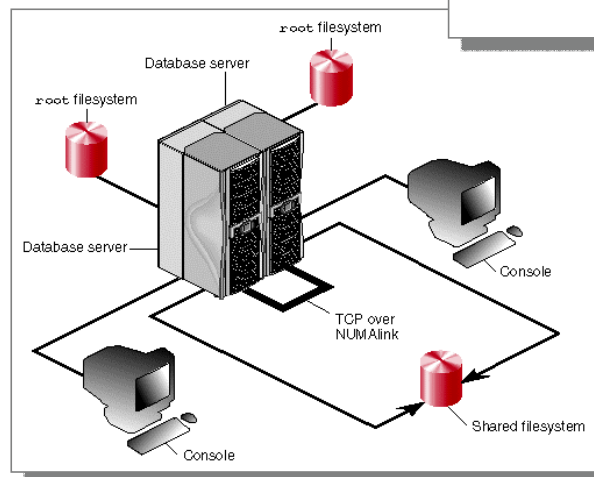
SGI Origin 2000



SGI Origin 2000



SGI Origin 3000

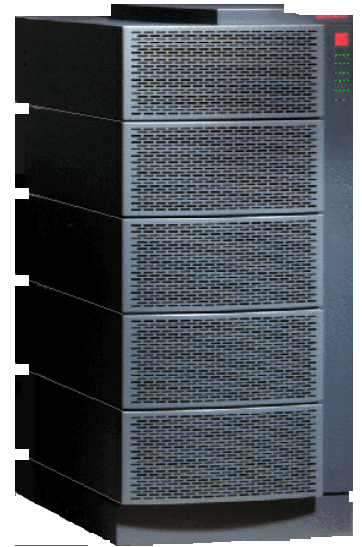


Soros Numa-Q 2000

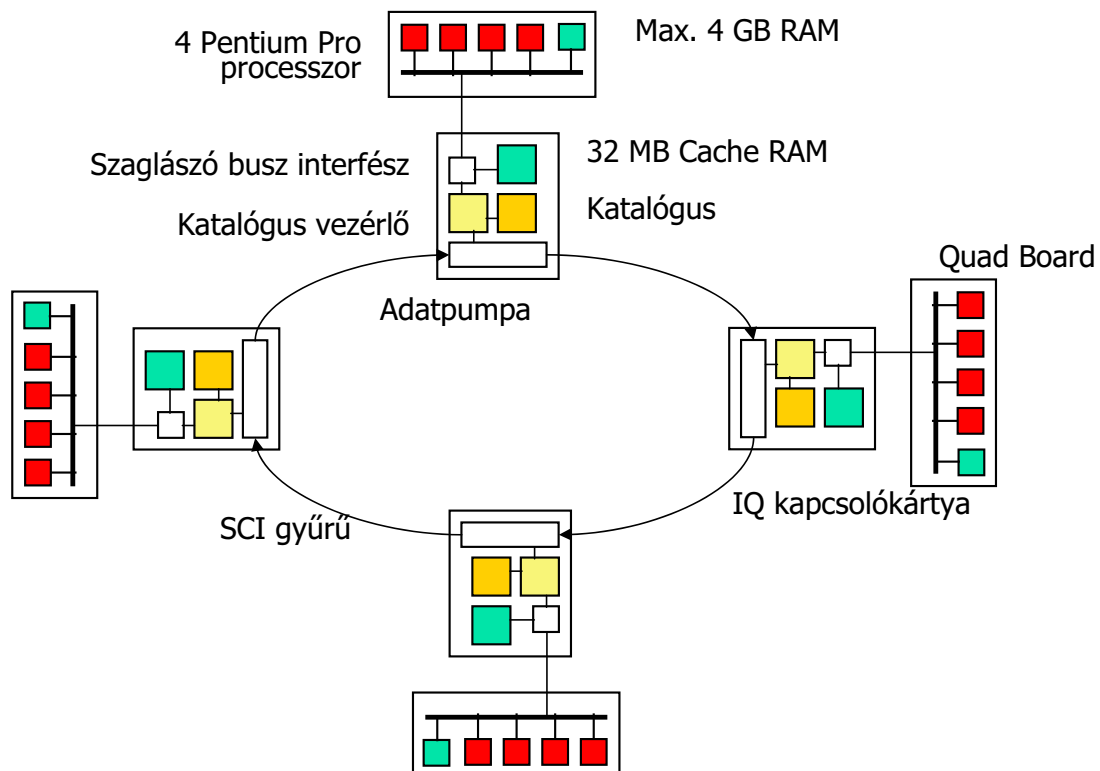
Cache-koherencia protokoll SCI (Scalable Coherent Interface) – IEEE 1596 szabvány

Három opció

- **Minimális** protokoll – egy sornak csak **egyetlen** másolata lehet
- **Tipikus** protokoll – a cache-ben **nincs** **korlátozva** a csomópontok száma
- **Teljes** protokoll – a teljesítmény növelésére **kiegészítő flag**-eket határoz meg

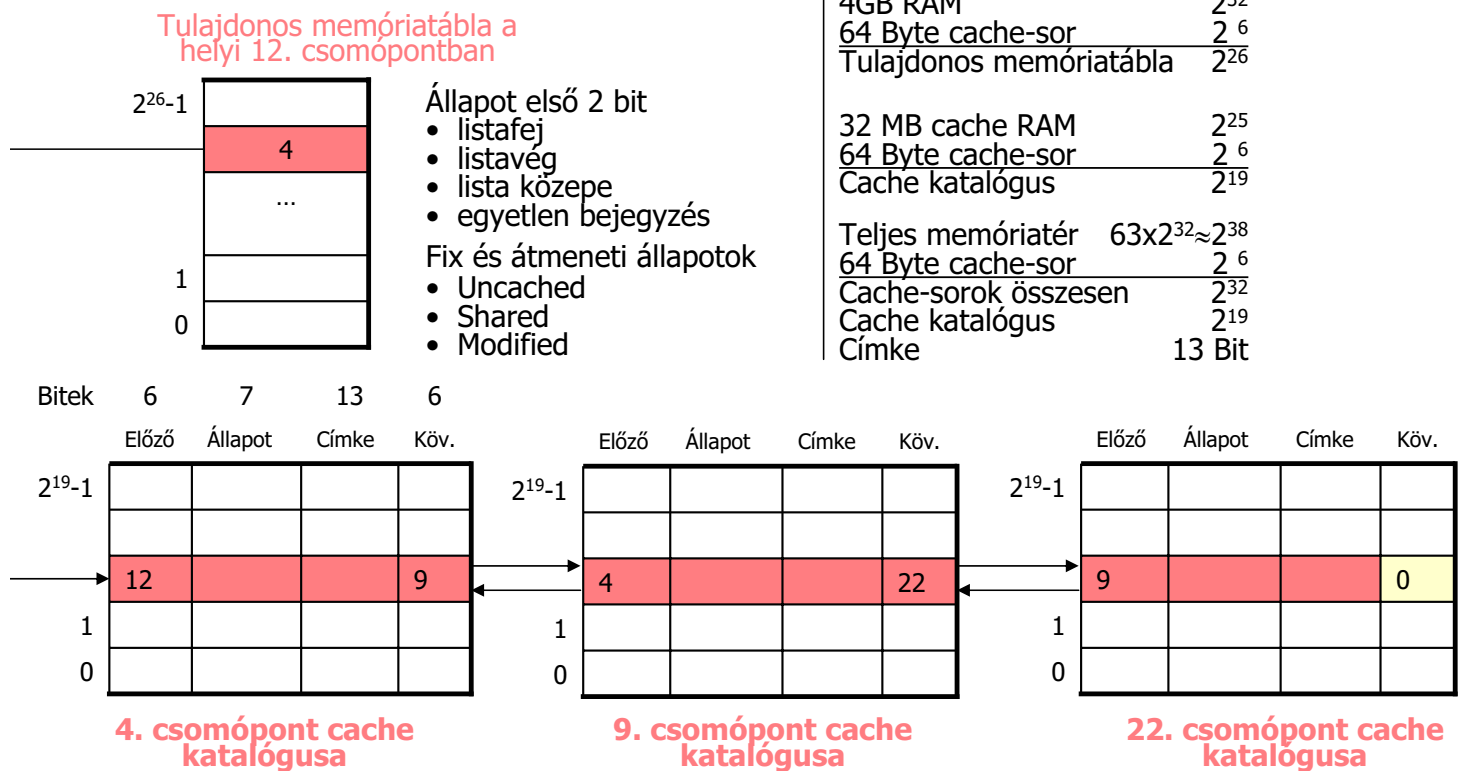


Sequent NUMA-Q mutiprocesszor

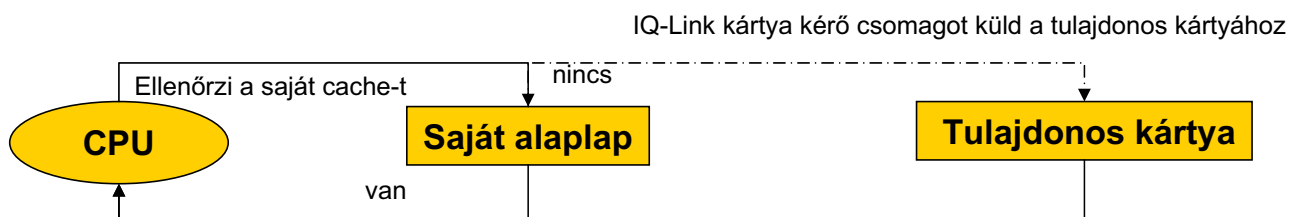


Sequent NUMA-Q multiprocesszor

A cache sort tartalmazó csomópontokat duplán láncolt lista ábrázolja



NUMA-Q READ utasítás

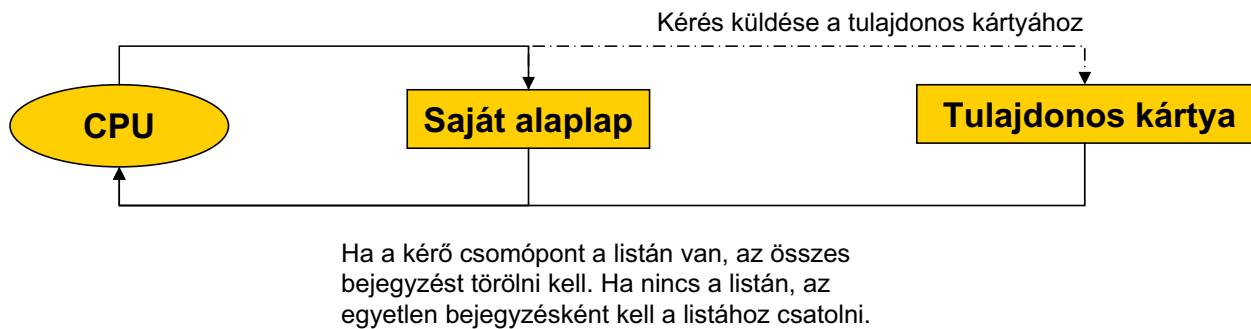


Ha az állapot **Uncached**, az állapot Shared-re változik, és a sort a memóriából küldi. A tulajdonos csomópontnál a helyi memóriatábla ezután úgy változik, hogy tartalma egy egyelemű lista lesz arra a csomópontra mutatva, amelyik a sort tartalmazza.

Ha az állapot **Shared**, a sor ismét a memóriából érkezik. az új csomópont lesz a lista feje, azaz a tulajdonos csomópontnál a katalógus bejegyzésébe az új csomópont száma kerül. Minden új csomópont mindig a lista új feje lesz.

Amennyiben a kért sor **Modified** állapotú, a tulajdonos katalógus nem küldheti a memóriából a kért adatot, mert az elavult. Helyette a kérő IQ-Link kártyával közli, hol helyezkedik el a sor. Ezután megváltoztatja a helyi táblát, hogy az új helyre mutasson.

NUMA-Q WRITE utasítás



COMA-multiprocesszorok (Cache Only Memory Access)

1. CPU a teljes memóriát **cache**-ként használja.
2. A memória soroknak **nincsenek fix** lokális helyei.
3. A teljes fizikai memóriateret **cache-sorokra** osztjuk, amelyek igény szerint **vándorolnak**.

Előny

A teljes memória cache-ként kezelése növeli a találati arányt és a teljesítményt.

Nehézségek

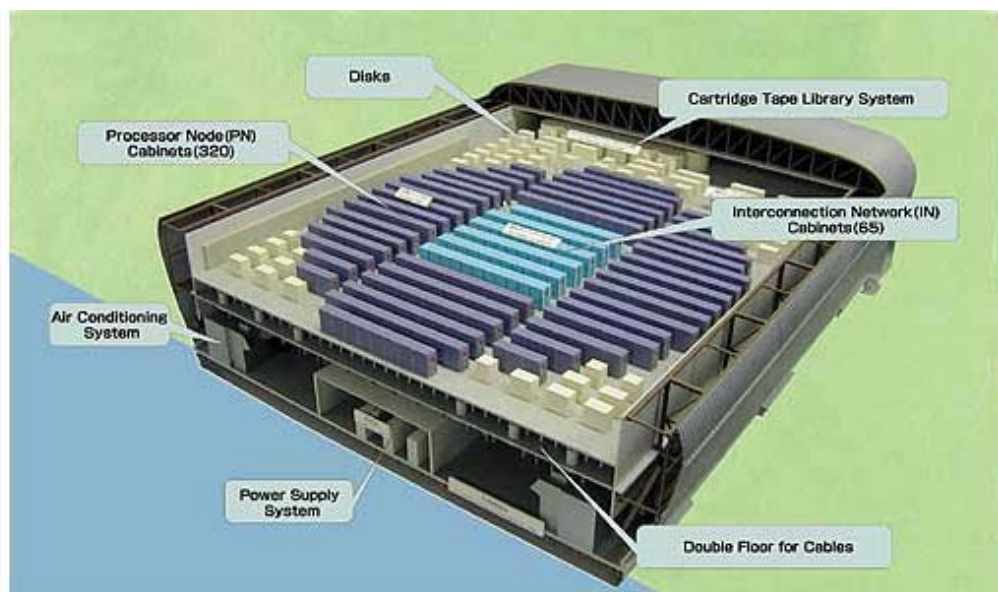
1. **Hogyan lokalizálható egy cache-sor?**
2. **Mi történik, ha a memóriából törölt sor az utolsó másolat volt?**

COMA multiprocesszorok

- Csak kevés COMA-gépet fejlesztettek
 - KSR-1 (Kendall Square Research)
8 processzor (csomópontonként 32 MByte memória)
 - Data Diffusion Machine

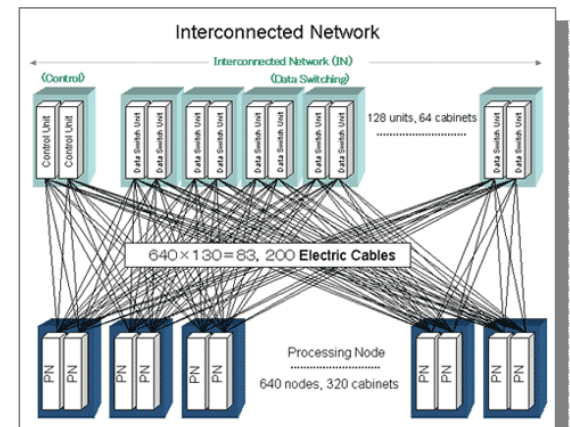
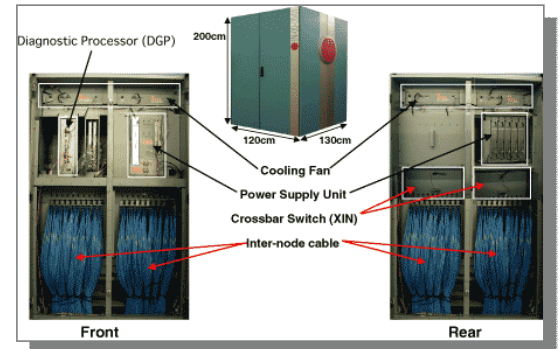
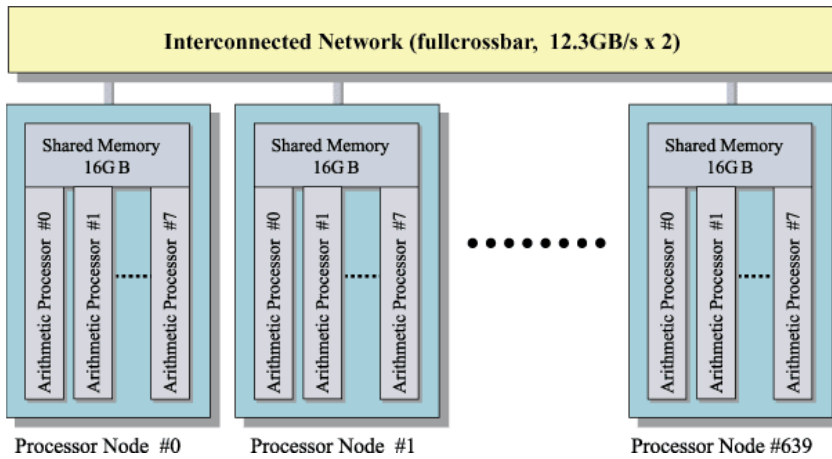


Earth Simulator felépítése (SMP)



- 640 processor nodes, each consisting of eight vector processors are connected as a high speed interconnection network.

Earth Simulator kommunikációs rendszere



Earth Simulator processzoregység

