

Kötelező félévi házi feladat (Modellellenőrzés)

A feladat címe: **Gyorsítótár koherencia**

Konzulense: **Bergmann Gábor**

Leírás

A *gyorsítótár* (cache) célja, hogy a CPU által gyakran használt memóriaterületekről egy gyorsabban elérhető másolatot tároljon. Többprocesszoros rendszerekben a főmemória és a gyorsítótárak egy memóriabuszra csatlakoznak, és egy-egy CPU csak a saját cache-én keresztül fér hozzá a főmemória tartalmához. Feladat a koherencia biztosítása, azaz hogy mindegyik CPU azonos memóriaképet lásson.

A gyorsítótárak által egységként kezelt memóriaterület a *cache line* (pl. 64 bájt). Mivel a gyorsítótár mérete korlátos, a legtöbb cache line másolata nem található meg benne (*Érvénytelen* állapot). Amelyik memóriaterület pontos másolata megtalálható egy processzor gyorsítótárában, az általában egyidejűleg más processzoroknál is előfordulhat (*Megosztott* állapot). Ha viszont a cache line *Kizárólagos* állapotú, ekkor a többi processzor gyorsítótárában érvénytelennek kell lennie. Végül lehet a cache line *Piszkos* állapotban (amely szintén *kizárólagos* jellegű), ez esetben a gyorsítótárban helyileg módosítva lett, és a későbbiekben vissza kell írni a főmemóriába.

Ha a CPU olvasni akar egy cache line-ról, *Megosztott* állapotban ez a kérés lokálisan kiszolgálható (a memóriabuszhoz fordulás nélkül); *Piszkos* és *Kizárólagos* állapotban ezen felül az írás is (de a *Kizárólagos* állapot íráskor *Piszkosra* változik). Ha a CPU írni akar egy *Megosztott* állapotban birtokolt cache line-ra, akkor a cache a memóriabuszon keresztül közvetlenül a főmemóriába is beleírja az új értéket, majd *Kizárólagos* állapotba kerül; a többi gyorsítótár a memóriabuszon keresztül detektálja az írást és érvényteleníti a cache line esetleges lokális másolatát.

Amennyiben a gyorsítótárból hiányzik (érvénytelen) egy cache line, a CPU olvasási kérése esetén először jelzi az olvasási igényt a memóriabuszon, amelynek hatására az esetleges *Kizárólagos* vagy *Piszkos* másolat *Megosztott* állapotba kerül, és az utóbbi ezen felül beleírja a lokálisan módosított értéket a főmemóriába. Ezek után a kezdeményező CPU gyorsítótárába *Megosztott* állapotban bekerül a cache line. Érvénytelen cache line íráskor először be kell azt olvasni (hiszen a CPU írási utasítása jellemzően csak a cache line egy részét érinti), majd a *Megosztott* állapothoz hasonlóan megy végbe az írás. Előfordulhat, hogy egy cache line helyhiány miatt kiszorul a gyorsítótárból, amikor egy másik, érvénytelen cache line íráskor vagy olvasáskor bekerül a gyorsítótárba; ilyenkor a kiszorult cache line érvénytelenné válik, de amennyiben *Piszkos* volt, frissíti előtte a főmemóriát.

Az ellenőrzendő követelmények

Modellezze egyetlen cache line lokális állapotait 4 CPU esetén. Temporális logikai kifejezések és modellellenőrzés segítségével igazolja az alábbi követelmények teljesülését (illetve a követelmények nem teljesülése esetén magyarázza meg a követelmény megsértésének okát és indokát)! Ahol lehetséges, mutasson be és elemezzen egy rövid ellenpéldát / igazoló példát!

1. A rendszerben nincs holtpont.
2. A cache line egyidejűleg az összes gyorsítótár között megosztható.
3. Ha a cache line *Kizárólagos* vagy *Piszkos* egy helyen, a többi processzornál nem lehet másolata.
4. Minden *Kizárólagos* vagy *Megosztott* másolat megegyezik a főmemóriabeli értékkel. (A vizsgálat során a cache line értékkészlete megszorítható kételeműre.)