

Lekérdezések feldolgozása és optimalizálása

Definíciók

- Lekérdezés feldolgozása
 - lekérdezés lefordítása alacsony szintű tevékenységekre
 - lekérdezés kiértékelése
 - adatok kinyerése
- Lekérdezés optimalizálása
 - a leghatékonyabb lekérdezés-kiértékelési módszer kiválasztása

Lekérdezés feldolgozása (1/2)

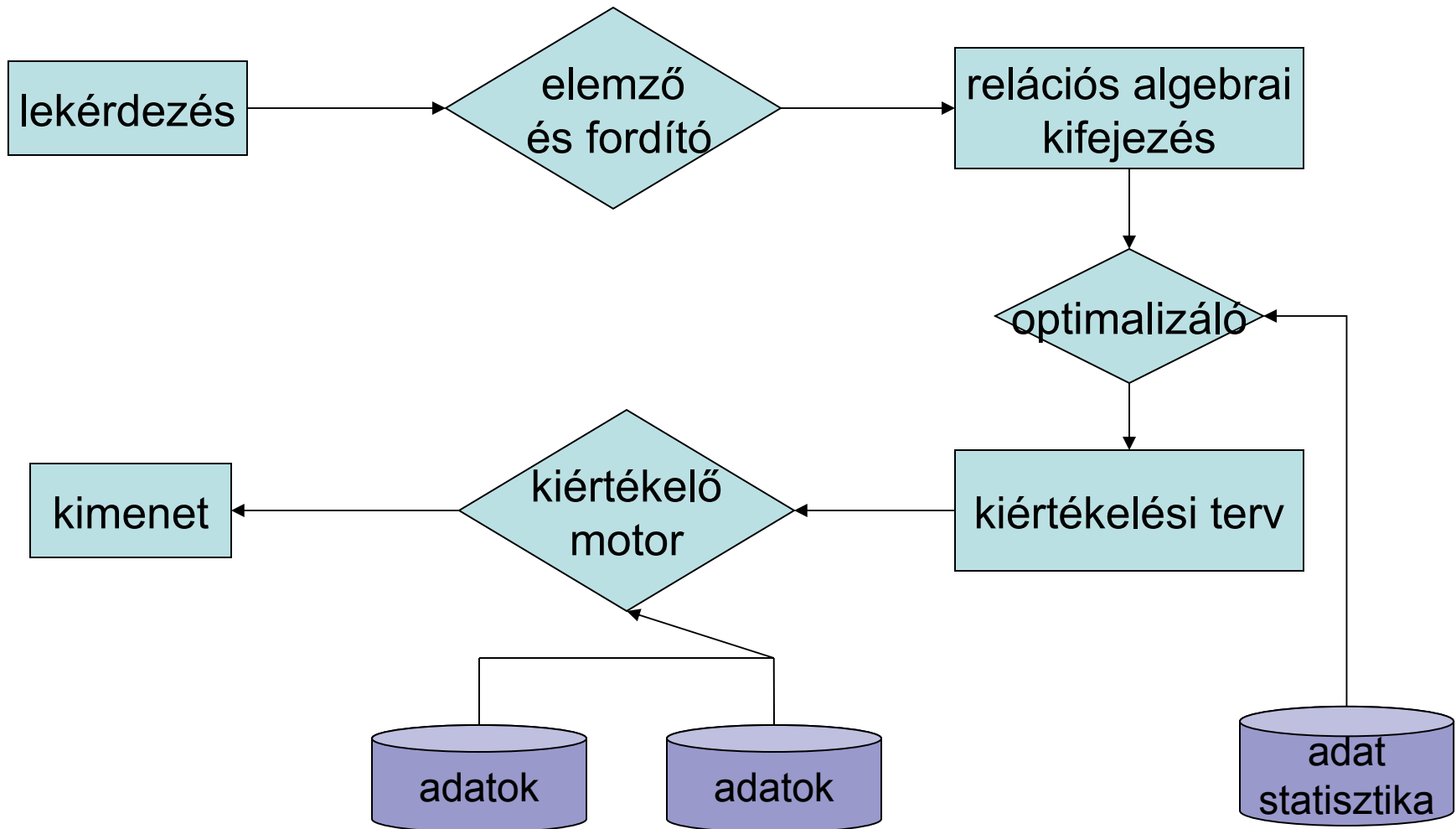
- `SELECT * FROM student WHERE name='Paul'`
- Elemezzük a lekérdezést és lefordítjuk
 - ellenőrizzük a szintaxist, neveket stb.
 - lefordítjuk relációs algebrára (RDBMS)
 - elkészítjük a **kiértékelési terveket**
- Megkeressük a legjobb tervet (optimalizáció)
- Végrehajtjuk a tervet

student	
<u>cid</u>	name
00112233	Paul
00112238	Rob
00112235	Matt

takes	
<u>cid</u>	<u>courseid</u>
00112233	312
00112233	395
00112235	312

course	
<u>courseid</u>	<u>coursename</u>
312	Advanced DBs
395	Machine Learning

Lekérdezés feldolgozása (2/2)



Relációs algebra (1/2)

- Lekérdező nyelv
- Műveletek:
 - kiválasztás: σ
 - vetítés: π
 - unió: \cup
 - különbség: $-$
 - szorzat: \times
 - összekapcsolás: \bowtie

Relációs algebra (2/2)

- `SELECT * FROM student WHERE name=Paul`
 - $\sigma_{\text{name=Paul}}(\text{student})$
- $\pi_{\text{name}}(\sigma_{\text{cid}<00112235}(\text{student}))$
- $\pi_{\text{name}}(\sigma_{\text{coursename=Advanced DBs}}((\text{student} \bowtie_{\text{cid}} \text{takes}) \bowtie_{\text{courseid}} \text{course}))$

student	
<u>cid</u>	name
00112233	Paul
00112238	Rob
00112235	Matt

takes	
<u>cid</u>	<u>courseid</u>
00112233	312
00112233	395
00112235	312

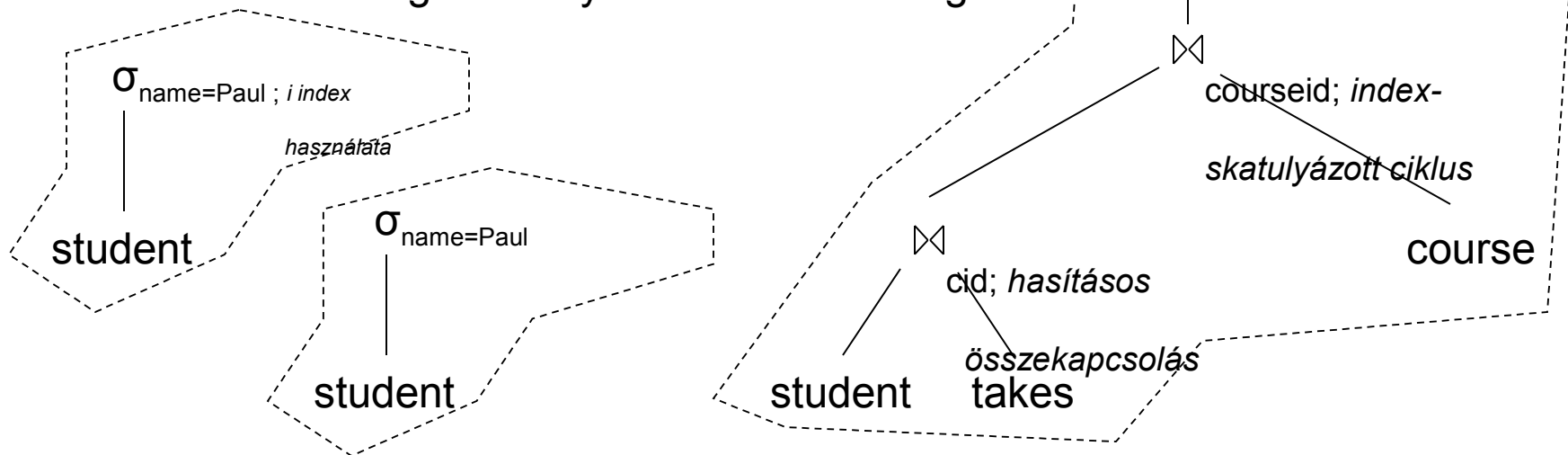
course	
<u>courseid</u>	<u>coursename</u>
312	Advanced DBs
395	Machine Learning

Miért optimalizáljunk?

- Sokféle lehetőségünk van egy lekérdezés kiértékelésére
 - $\pi_{\text{name}}(\sigma_{\text{course name}=\text{Advanced DBs}}((\text{student} \bowtie_{\text{cid}} \text{takes}) \bowtie_{\text{courseid}} \text{course}))$
 - $\pi_{\text{name}}((\text{student} \bowtie_{\text{cid}} \text{takes}) \bowtie_{\text{courseid}} \sigma_{\text{course name}=\text{Advanced DBs}}(\text{course}))$
- Több lehetőség egy művelet elvégzésére
 - $\sigma_{\text{name}=\text{Paul}}(\text{student})$
 - fájlban keresés
 - másodlagos index a student.name mezőn
- Több elérési útvonal
 - elérési útvonal: mely módon érhetjük el a rekordokat

Kiértékelési utak

- Adjuk meg, melyik elérési útvonalat használjuk
- Adjuk meg, milyen algoritmussal értékeljük ki a műveleteket
- Adjuk meg, hogyan változnak a műveletek
- Optimalizáció:
 - becsüljük meg a tervek költségét (nem mindet)
 - válasszuk a legalacsonyabb becsült költségűt



Költségbecslés

- Mit kell számításba venni:
 - Lemez I/O
 - szekvenciális
 - tetszőleges
 - CPU idő
 - Hálózati kommunikáció
- Mit fogunk figyelembe venni:
 - Lemez I/O
 - lapok olvasása, írása
 - Elhanyagoljuk a végeredmény kiírásának költségét

Műveletek és költségek

Műveletek és költségek (1/2)

- Műveletek: σ , π , \cup , \cap , $-$, \times , \bowtie
- Költségek:
 - N_R : R rekordjainak száma
 - L_R : R egy rekordjának mérete
 - F_R : blokkolási tényező
 - egy lapon levő rekordok száma
 - B_R : az R reláció tárolásához szükséges lapok száma
 - $V(A,R)$: az A mező különböző értékeinek száma R-ben
(Képméret)
 - $SC(A,R)$: az A mező kiválasztási számossága R-ben
(Szelektivitás)
 - A kulcs: $S(A,R)=1$
 - A nem kulcs: $S(A,R)= N_R / V(A,R)$
 - HT_i : az i index szintjeinek száma
 - a törteket és logaritmusokat felfelé kerekítjük

Műveletek és költségek (2/2)

- *takes* reláció
 - 700 rekord
 - hallgató *cid* 8 bájt
 - kurzus *id* 4 bájt
 - 9 kurzus
 - 100 hallgató
 - lapméret: 512 bájt
 - a kimenet mérete (lapokban) erre a lekérdezésre: mely hallgatók vették fel az 'Advanced DBs' kurzust?
 - $N_{\text{takes}} = 700$
 - $V(\text{courseid, takes}) = 9$
 - $SC(\text{courseid, takes}) = \lceil N_{\text{takes}} / V(\text{courseid, takes}) \rceil = \lceil 700 / 9 \rceil = 78$
 - $f = \lfloor 512 / 8 \rfloor = 64$
 - $B = \lceil 78 / 64 \rceil = 2$ lap

Kiválasztás σ (1/2)

- Lineáris keresés
 - olvassunk be minden lapot és keressük az egyezéseket (egyenlőség vizsgálata esetén)
 - átlagos költség:
 - nem kulcs B_R , kulcs $0.5 \cdot B_R$
- Logaritmikusan keresés
 - rendezett mező esetén $\lceil \log_2 B_R \rceil + m$
 - átlagos költség:
 - m további oldalt kell beolvasni
 - $m = \lceil SC(A,R)/F_R \rceil - 1$
- Elsődleges/cluster index
 - átlagos költség:
 - egyetlen rekord $HT_i + 1$
 - több rekord $HT_i + \lceil SC(A,R)/F_R \rceil$

Kiválasztás σ (2/2)

- Másodlagos index
 - átlagos költség:
 - kulcs mező $HT_i + 1$
 - nem kulcs mező
 - legrosszabb eset $HT_i + SC(A,R)$
 - a lineáris keresés kedvezőbb, ha sok a megfelelő rekord

Összetett kiválasztás σ_{kif}

- konjunkciós kiválasztás: $\sigma_{\theta_1 \wedge \theta_2 \dots \wedge \theta_n}$
 - végezzünk egyszerű kiválasztást a legkisebb költségű θ_i -re
 - pl. a θ_i -hez tartozó index felhasználásával
 - a fennmaradó θ feltételek szerint szűrjük az eredményt
 - $\sigma_{\text{cid}>00112233 \wedge \text{courseid}=312}(\text{takes})$
 - költség: az egyszerű kiválasztás költsége a kiválasztott θ -ra
 - több index
 - válasszuk ki a θ_i -khez tartozó indexeket
 - keressünk az indexekben és adjuk vissza a RID-eket
 - válasz: RID-k metszete
 - költség: a költségek összege + rekordok beolvasása
- diszjunkciós kiválasztás: $\sigma_{\theta_1 \vee \theta_2 \dots \vee \theta_n}$
 - több index
 - RID-k uniója
 - lineáris keresés

Vetítés és halmazműveletek

- SELECT DISTINCT cid FROM takes
 - π -hez szükséges a duplikált értékek kiszűrése
 - rendezés
- halmazműveletekhez ki kell szűrni a duplikált értékeket
 - $R \cap S$
 - $R \cup S$
 - rendezés

Rendezés

- sok művelet hatékony kiértékelése
- a lekérdezés igényelheti:
 - `SELECT cid,name FROM student ORDER BY name`
- megvalósítás
 - belső rendezés (ha a rekordok beférnek a memóriába)
 - külső rendezés

Külső összefésüléses rendezés (1/3)

- Rendező lépés: rendezett futamok létrehozása

$i=0$;

ismétlés

M lap beolvasása az R relációból a memóriába

az M lap rendezése

kiírás az R_i fájlba (futamba)

i növelése

amíg el nem fogynak a lapok

$N = i$ // futamok száma

Külső összefésüléssel rendezés (2/3)

- Összevonási lépés: rendezett futamok összefésülése

//feltéve, hogy $N < M$

minden R_i fájlhoz egy lap lefoglalása

// N lap lefoglalása

minden R_i -ből egy-egy lap P_i beolvasása

ismétlés

az N lap közül a (rendezés szerint) első rekord kiválasztása,
legyen ez a P_j lapon

a rekord kiírása a kimenetre és törlése a P_j lapról

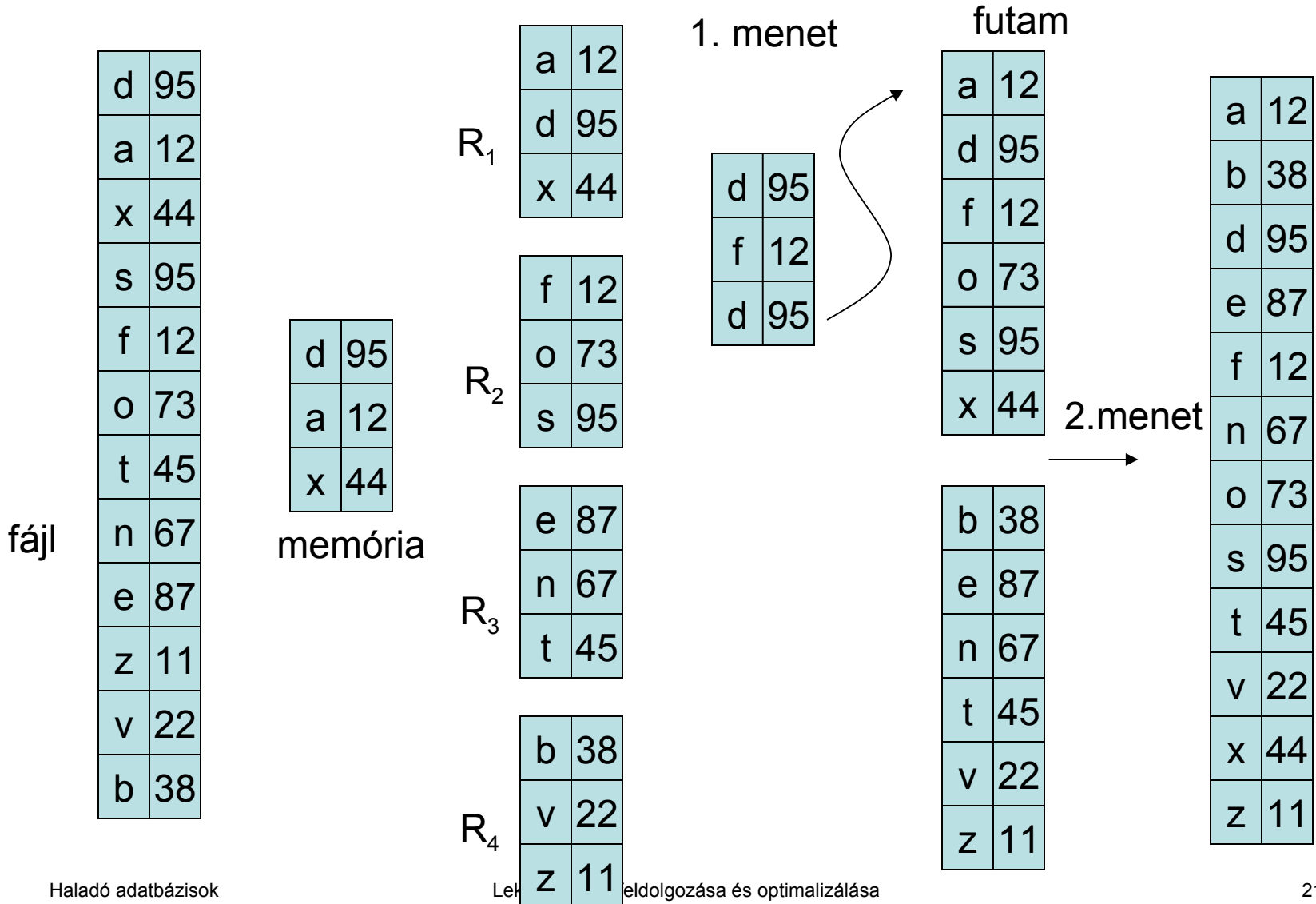
ha üres a lap, a következő P_j' beolvasása R_j -ből

amíg minden lap ki nem ürül

Külső összefésüléssel rendezés (3/3)

- Összevonási lépés: rendezett futamok összefésülése
- Mi van, ha $N > M$?
 - több *menet*
 - minden *menet* $M-1$ futamot von össze, amíg nincs feldolgozva a reláció
 - a következő menetben a futamok száma kisebb
 - a végső *menet*ben keletkezik a végső kimenet

Összefésüléses rendezés példa



Összefésüléssel rendezés költsége

- B_R : R lapjainak száma
- Rendezési lépés: $2 * B_R$
 - reláció olvasása/írása
- Összevonási lépés:
 - kezdetben $\left\lceil \frac{B_R}{M} \right\rceil$ összevonandó futam
 - minden *menet* $M-1$ futamot rendez
 - tehát az összes menet száma: $\left\lceil \log_{M-1} \left(\frac{B_R}{M} \right) \right\rceil$
 - minden menetben $2 * B_R$ lapot olvasunk
 - reláció olvasása/írása
 - kivéve az utolsó kiírást
- Teljes költség:
 - $2 * B_R + 2 * B_R * \left\lceil \log_{M-1} \left(\frac{B_R}{M} \right) \right\rceil - B_R$

Vetítés

- $\pi_{A_1, A_2 \dots} (R)$
- felesleges mezők törlése
 - átnézés és mezők eldobása
- duplikált rekordok törlése
 - az eredmény rekordok rendezése az összes mező szerint
 - a rendezett eredmény átnézése, duplikáltak (szomszédos) törlése
- költség
 - kezdeti átnézés + rendezés + végső átnézés

Összekapcsolás

- $\pi_{\text{name}}(\sigma_{\text{coursename}=\text{Advanced DBs}}((\text{student} \bowtie_{\text{cid}} \text{takes}) \bowtie_{\text{courseid}} \text{course}))$
- megvalósítások
 - skatulyázott ciklusos (nested loop) összekapcsolás
 - blokk-skatulyázott ciklusos (block-nested loop) összekapcsolás
 - indexelt skatulyázott ciklusos összekapcsolás
 - összefésüléssel rendező összekapcsolás
 - hasításos összekapcsolás

Skatulyázott ciklusos összekapcsolás(1/2)

- $R \bowtie S$

R minden t_R rekordján

 S minden t_S rekordján

 ha (t_R t_S egyezik) $t_R.t_S$ kiírása

 vége

vége

- Bármilyen összekapcsolási feltételnél működik
- S belső reláció
- R külső reláció

Skatulyázott ciklusos összekapcsolás(2/2)

- Költség:
 - legjobb eset, ha a kisebb reláció elfér a memóriában
 - ezt használjuk belső relációnak
 - $B_R + B_S$
 - legrosszabb eset, ha mindkét relációból csak 1-1 lap fér bele a memóriába
 - S-t minden R-beli rekordnál végig kell olvasni
 - $N_R * B_S + B_R$

Blokk-skatulyázott ciklusos összekapcsolás (1/2)

R minden X_R lapján

S minden X_S lapján

X_R minden t_R rekordján

X_S minden t_S rekordján

ha (t_R t_S egyezik) $t_R.t_S$ kiírása

vége

vége

vége

vége

Blokk-skatulyázott ciklusos összekapcsolás (2/2)

- Költség:
 - legjobb eset, ha a kisebb reláció elfér a memóriában
 - ezt használjuk belső relációnak
 - $B_R + B_S$
 - legrosszabb eset, ha mindkét relációból csak 1-1 lap fér bele a memóriába
 - S-t minden R-beli lapnál végig kell olvasni
 - $B_R * B_S + B_R$

Indexelt skatulyázott ciklusos összekapcsolás

- $R \bowtie S$
- Index a belső reláción (S)
- a külső reláció (R) minden rekordjánál *keresünk* a belső reláció indexében
- Költség:
 - $B_R + N_R * c$
 - c a belső relációból index szerinti kiválasztás költsége
 - a kevesebb rekordot tartalmazó reláció legyen a külső

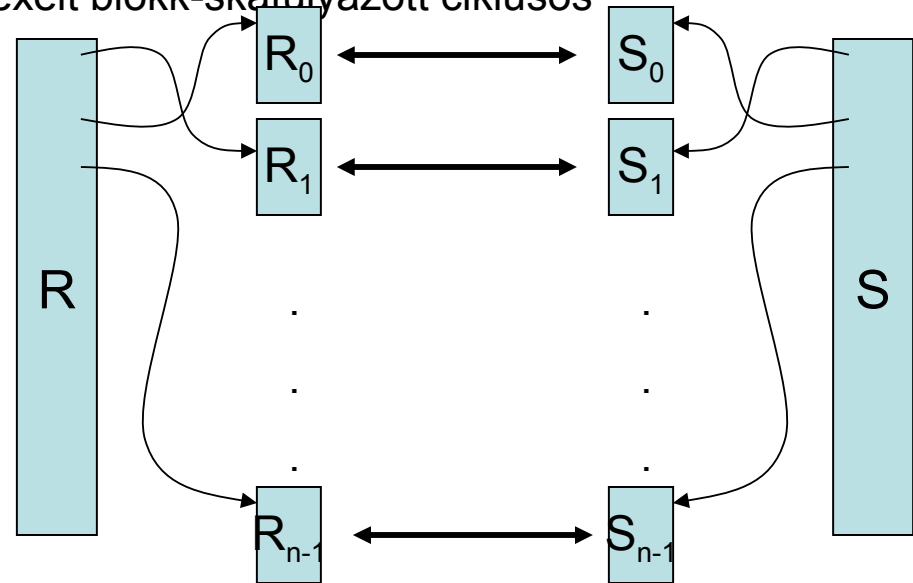
Összefésüléssel rendező összekapcsolás

- $R \bowtie S$
- A relációk rendezettek az összekapcsolási mezők szerint
- Egyesítjük a rendezett relációkat
 - mutatók az első rekordra mindkét relációban
 - beolvasunk S-ből egy rekordcsoportot, ahol az összekapcsolási attribútum értéke megegyezik
 - beolvasunk rekordokat R-ből és feldolgozzuk
- A rendezett relációkat csak egyszer kell végigolvasni
- Költség:
 - rendezés költsége + $B_S + B_R$

d	D	e	67
e	E	e	87
x	X	n	11
v	V	v	22
		z	38

Hasításos összekapcsolás

- $R \bowtie S$
- alkalmazzuk h_1 -et az összekapcsolási mezőre és felosztjuk a rekordokat a memóriában elférő részekre
 - R rekordjainak felosztása $R_0 \dots R_{n-1}$
 - S rekordjainak felosztása $S_0 \dots S_{n-1}$
- az egymáshoz illő partíciók rekordjait összekapcsoljuk
 - hasítófüggvény alapján indexelt blokk-skatulyázott ciklusos összekapcsolással
- Költség: $2 \cdot (B_R + B_S) + (B_R + B_S)$

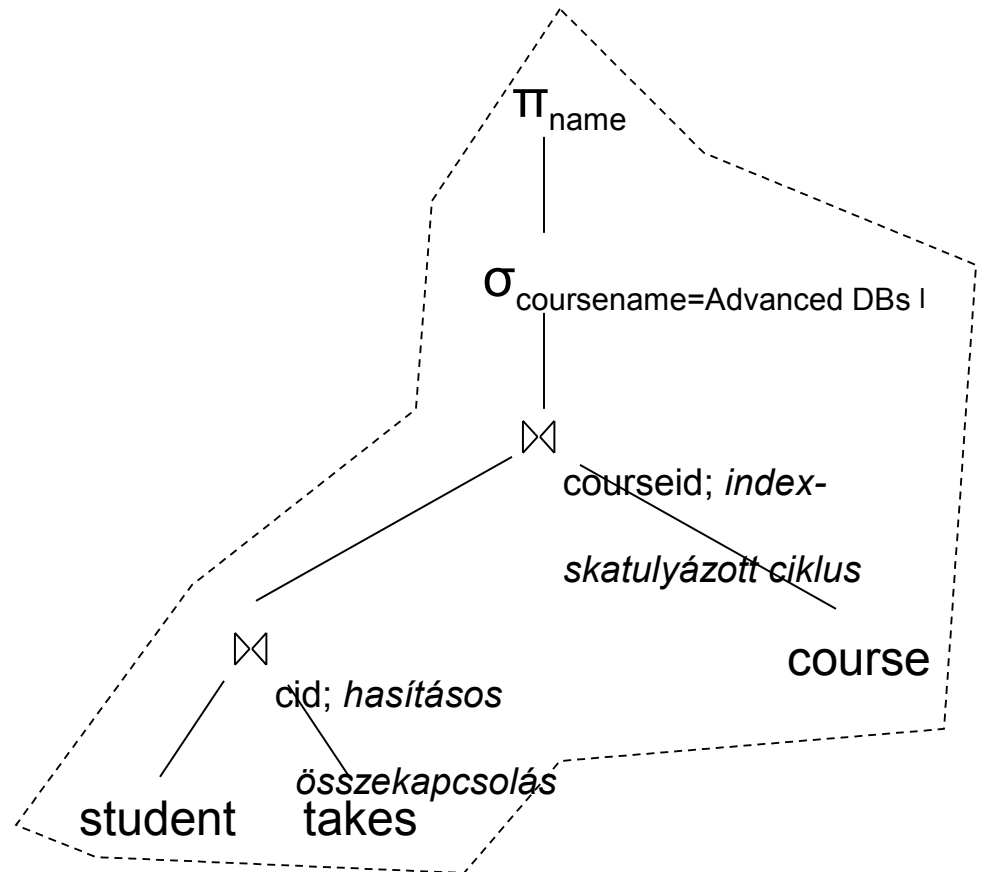


Feladat: összekapcsolás

- $R \bowtie S$
- $N_R = 2^{15}$
- $B_R = 100$
- $N_S = 2^6$
- $B_S = 30$
- B^+ index S-en
 - rend: 4
 - telített csúcsok
- skatulyázott ciklusos összekapcsolás: legjobb – legrosszabb eset
- blokk-skatulyázott ciklusos összekapcsolás: legjobb – legrosszabb eset
- indexelt skatulyázott ciklusos összekapcsolás

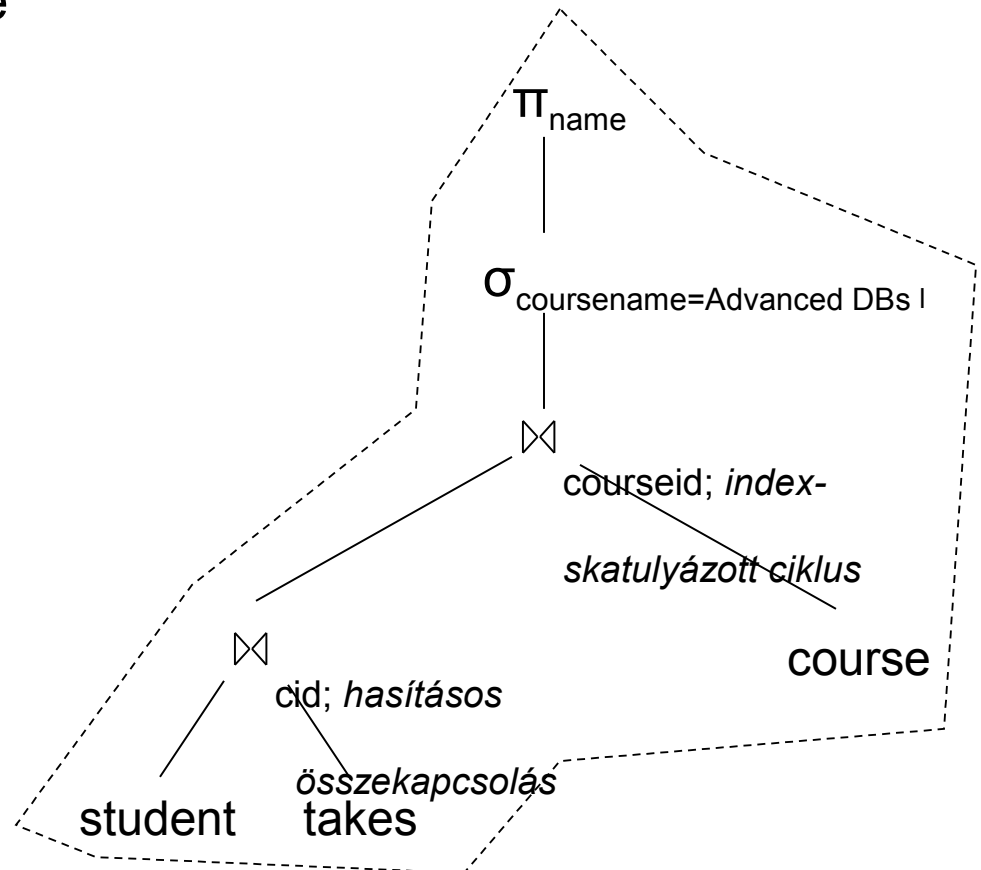
Kiértékelés

- több művelet kiértékelése egy tervben
- materializálás
- Csővezeték (pipeline)



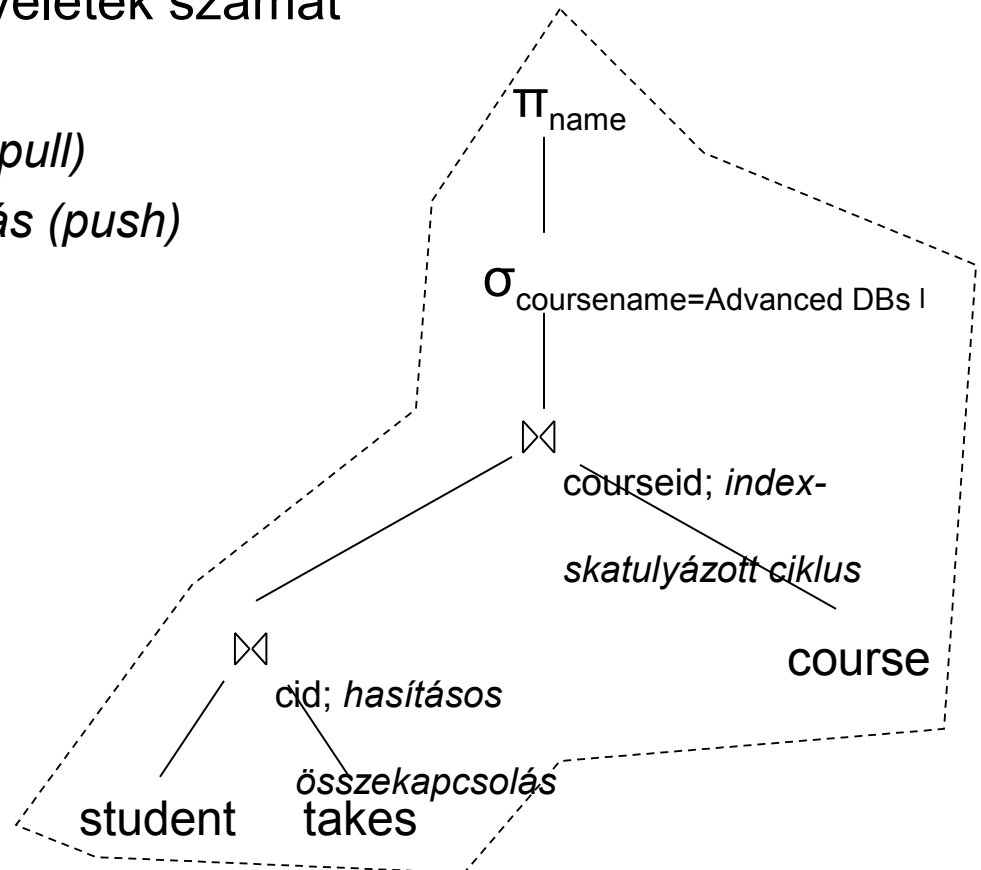
Materializálás

- létrehozunk ideiglenes relációkat
- ehhez írunk kell a lemezre
 - több lapírás



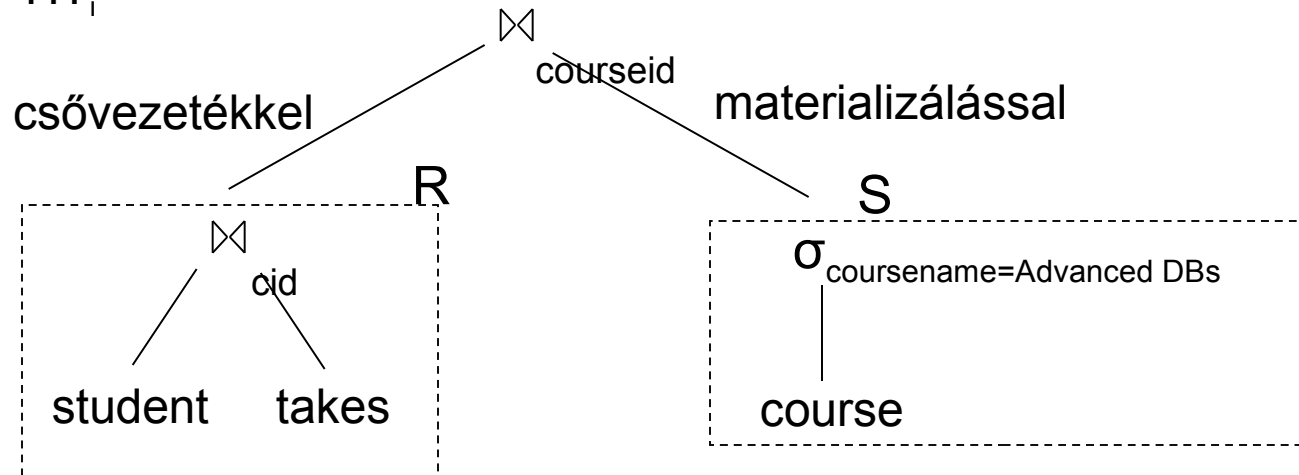
Csővezeték (pipeline) (1/2)

- párhuzamos folyamatok egymásnak adják át az adatokat
- csökkenti az író/olvasó műveletek számát
- megvalósítások
 - igénykövető – *adathúzás (pull)*
 - előállítás-követő – *adattolás (push)*



Csővezeték (2/2)

- mindig alkalmazható csővezeték?
- van-e algoritmus??
- $R \bowtie S$ költsége
 - materializálás és hasításos összekapcsolás: $B_R + 3(B_R + B_S)$
 - csővezeték és index-skatulyázott ciklusos összekapcsolás: $N_R * HT_i$



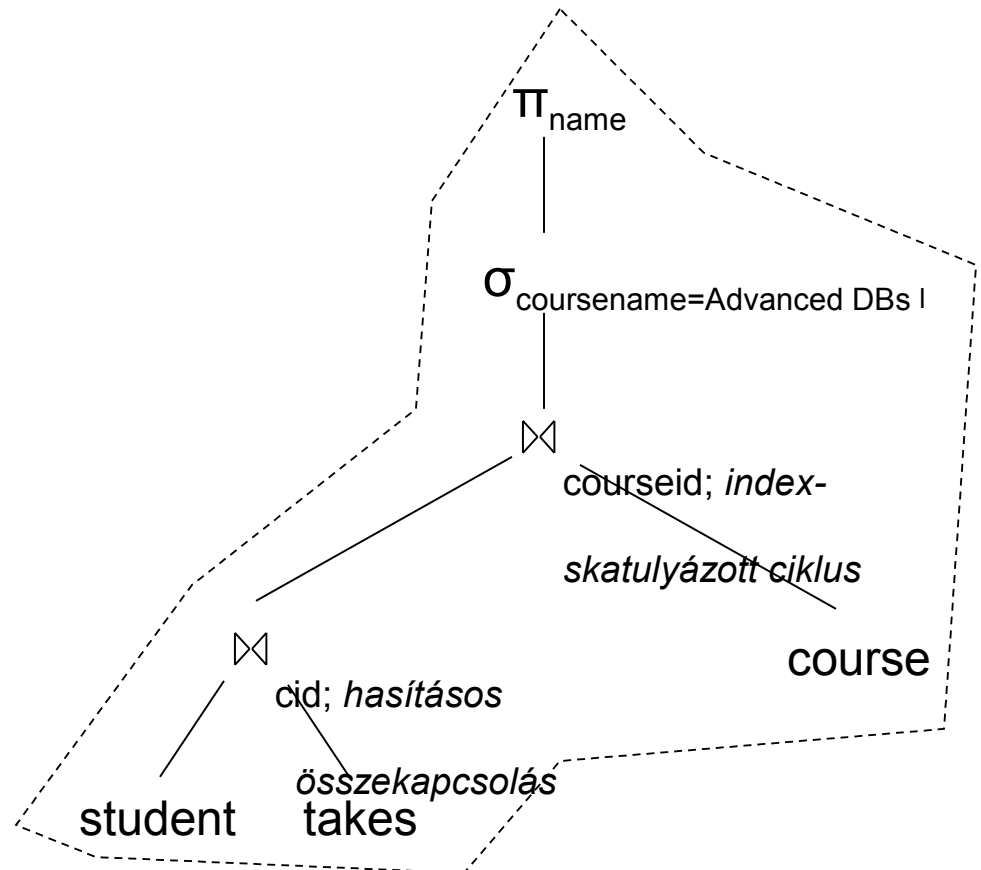
Lekérdezés optimalizálása

Kiértékelési út kiválasztása

- költségalapú optimalizáció
- tervek számbavétele
 - $R \bowtie S \bowtie T$, 12 lehetséges sorrend
- az egyes utak költségbecslése
- teljes költség
 - nem lehet egymástól függetlenül optimalizálni a műveleteket

Költségbecslés

- művelet (σ , π , \bowtie ...)
- megvalósítás
- bemenet mérete
- kimenet mérete
- rendezés



Méretbecslés (1/2)

- $\sigma_{A=v}(R)$
 - $SC(A,R)$
- $\sigma_{A \leq v}(R)$
 - $N_R * \frac{v - \min(A,R)}{\max(A,R) - \min(A,R)}$
- $\sigma_{\theta_1 \wedge \theta_2 \wedge \dots \wedge \theta_n}(R)$
 - szorzódó valószínűségek
 - $N_R * [(s_1/N_R) * (s_2/N_R) * \dots * (s_n/N_R)]$
- $\sigma_{\theta_1 \vee \theta_2 \vee \dots \vee \theta_n}(R)$
 - annak valószínűsége, hogy egy rekordra egy θ se igaz:
[$(1-s_1/N_R) * (1-s_2/N_R) * \dots * (1-s_n/N_R)$]
 - $N_R * (1 - [(1-s_1/N_R) * (1-s_2/N_R) * \dots * (1-s_n/N_R)])$

Méretbecslés (2/2)

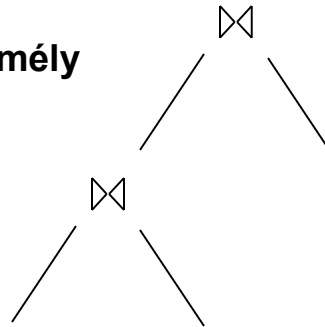
- $R \times S$
 - $N_R * N_S$
- $R \bowtie S$
 - $R \cap S = \emptyset$: $N_R * N_S$
 - $R \cap S$ kulcs R-en: a kimenet maximális mérete N_S
 - $R \cap S$ idegen kulcs R-hez: N_S
 - $R \cap S = \{A\}$, sem R-nek, sem S-nek nem kulcsa
 - $N_R * N_S / V(A, S)$
 - $N_S * N_R / V(A, R)$

Kifejezés-ekvivalencia

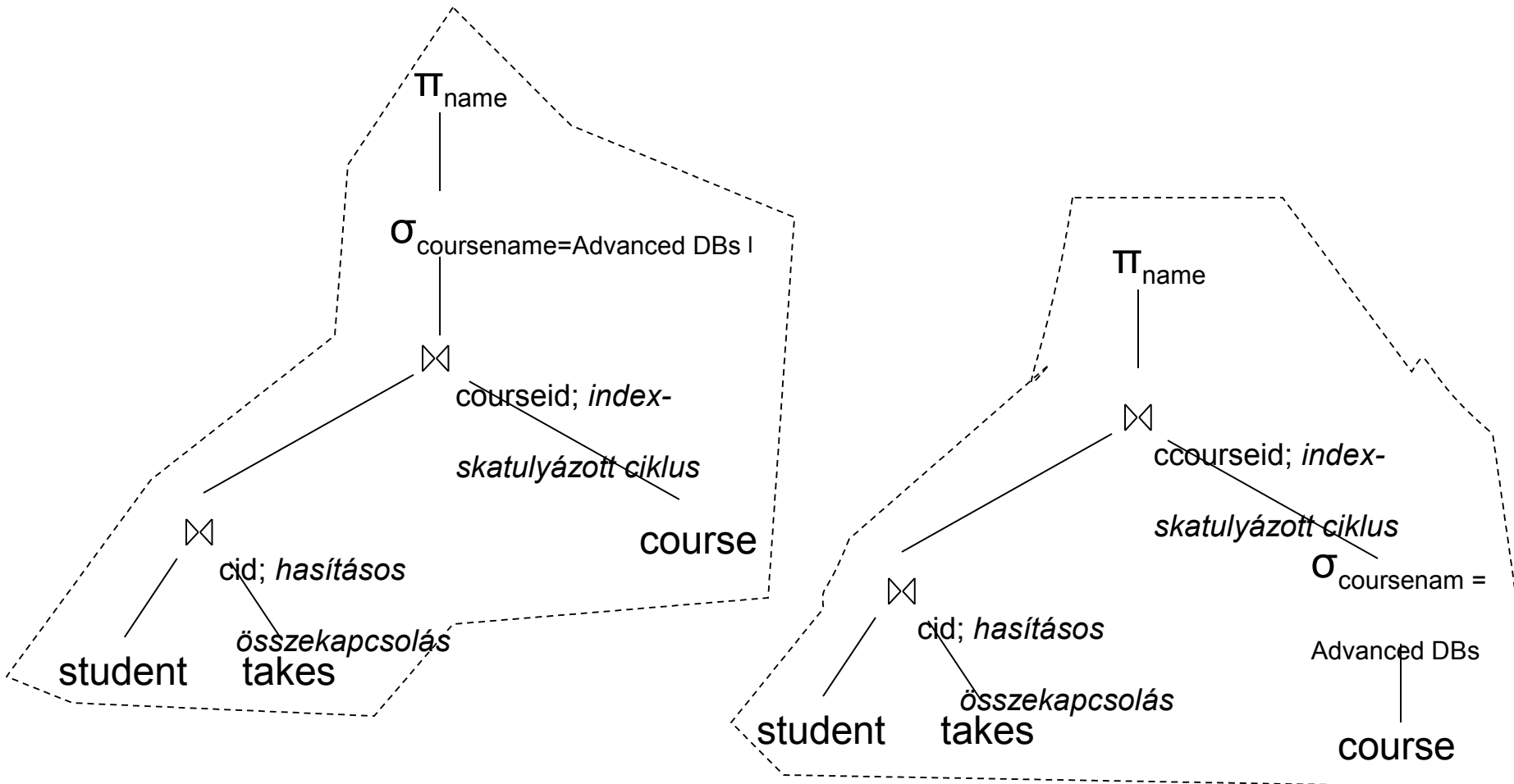
- konjunkciós kiválasztás felbontása
 - $\sigma_{\theta_1 \wedge \theta_2}(R) = \sigma_{\theta_1}(\sigma_{\theta_2}(R))$
- kiválasztás kommutativitása
 - $\sigma_{\theta_1}(\sigma_{\theta_2}(R)) = \sigma_{\theta_2}(\sigma_{\theta_1}(R))$
- kiválasztás kombinálása szorzattal és összekapcsolással
 - $\sigma_{\theta_1}(R \bowtie S) = R \bowtie_{\theta_1} S$
- összekapcsolás kommutativitása
 - $R \bowtie_{\theta_1} S = S \bowtie_{\theta_1} R$
- kiválasztás disztributivitása az összekapcsolásra nézve
 - $\sigma_{\theta_1 \wedge \theta_2}(R \bowtie S) = \sigma_{\theta_1}(R) \bowtie \sigma_{\theta_2}(S)$
- vetítés disztributivitása az összekapcsolásra nézve
 - $\pi_{A_1, A_2}(R \bowtie S) = \pi_{A_1}(R) \bowtie \pi_{A_2}(S)$
- összekapcsolás asszociativitása: $R \bowtie (S \bowtie T) = (R \bowtie S) \bowtie T$

Költségoptimalizáló (1/2)

- átalakítja a kifejezéseket
 - egyenértékű kifejezések
 - heurisztika, *ökölszabályok*
 - korán végezzük el a kiválasztást
 - korán végezzük el a vetítést
 - a szorzatot követő kiválasztást $\sigma (R \times S)$ helyettesítsük összekapcsolással $R \bowtie S$
 - a legkisebb eredményt adó összekapcsolásokkal és kiválasztásokkal kezdjük
 - készítsünk **bal oldalon mély** kiválasztási fákat



Költségoptimalizáló (2/2)



Költségbecslési gyakorlat

- $\pi_{\text{name}}(\sigma_{\text{coursename}=\text{Advanced DBs}}((\text{student} \bowtie_{\text{cid}} \text{takes}) \bowtie_{\text{courseid}} \text{course}))$
- $R = \text{student} \bowtie_{\text{cid}} \text{takes}$
- $S = \text{course}$
- $N_S = 10$ rekord
- feltesszük, hogy átlagosan 50 hallgató vesz fel egy kurzust
- blokkolási tényező: 2 rekord/lap
- mi a költsége: $\sigma_{\text{coursename}=\text{Advanced DBs}}(R \bowtie_{\text{courseid}} S)$
- mi a költsége: $R \bowtie \sigma_{\text{coursename}=\text{Advanced DBs}} S$
- feltesszük, hogy a relációk beleférnek a memóriába

Összefoglalás

- Egyetlen művelet költségének becslése
- Egy lekérdezési terv költségének becslése
- Optimalizálás
 - válasszuk a leghatékonyabb tervet