Конкурентност

Ненад Митић

Математички факултет
nenad.mitic@matf.bg.ac.rs

Увод

- Проблем: како изабрати ефикасну стратегију за израчунавање постављеног упита?
- Оптимизација упита представља и изазов и могућност у релационим базама података
  - изазов јер је потребна ради достизања прихватљивих перформанси система
  - могућност јер илуструје предност релационог приступа (у односу на нерелационе)

Увод

- Оптимизација се врши аутоматски, без интервенције корисника
- Програм за оптимизацију ће боље урадити оптимизацију од корисника релационог система
  - добар оптимизатор има на располагању статистичке информације из системског каталога
  - ако се статистика промени могуће је да треба извршити реоптимизацију - редак случај у случају ручне оптимизације од стране корисника

Увод

Програм за оптимизацију ће боље урадити оптимизацију од корисника релационог система (наставак)

- оптимизатор је програм и према самој дефиницији је стрпљивији од уобичајеног људског корисника. Оптимизатор је, у односу на човека, способан да прегледа стотине различитих стратегија приступа за дати упит
- у оптимизатор су укључене вештине и знање "најбољих" људских програмера. Последица тога је да су те особине свима на располагању

Пример

Приказати имена студената који су полагали испит из РБП (id=2016)

```
((dosije join ispit)
where Id_predmeta(2016)){ime}
```

- Нека база садржи 100 студената и податке о 10000 испита од којих се 50 односи на предмет РБП
- Нека се Досије и Испит налазе директно на диску, сваки релвар у по једној датотеци са једном торком у једном слогу
- Критеријум ефикасности - број читања и писања по диску, односно број У/И операција

Пример - наставак

Директно израчунавање

1. Извршити спајање Досије и Испит (преко Индекс)
   - чита се 10000 испита за сваког од 100 студената
   - међурезултат се састоји од 10000 спојених торки које се пишу натраг на диск (јер меморија није довољно велика да их прими)
2. Врши се рестрикција резултата у кораку 1) на торке које садрже 2016
   - чита се поново 10000 торки са диска
   - резултат је 50 торки које могу да остану у меморији
3. Пројектују се резултати из корака 2) преко ИМЕ
   - највише 50 торки које остају у меморији

Пример - наставак

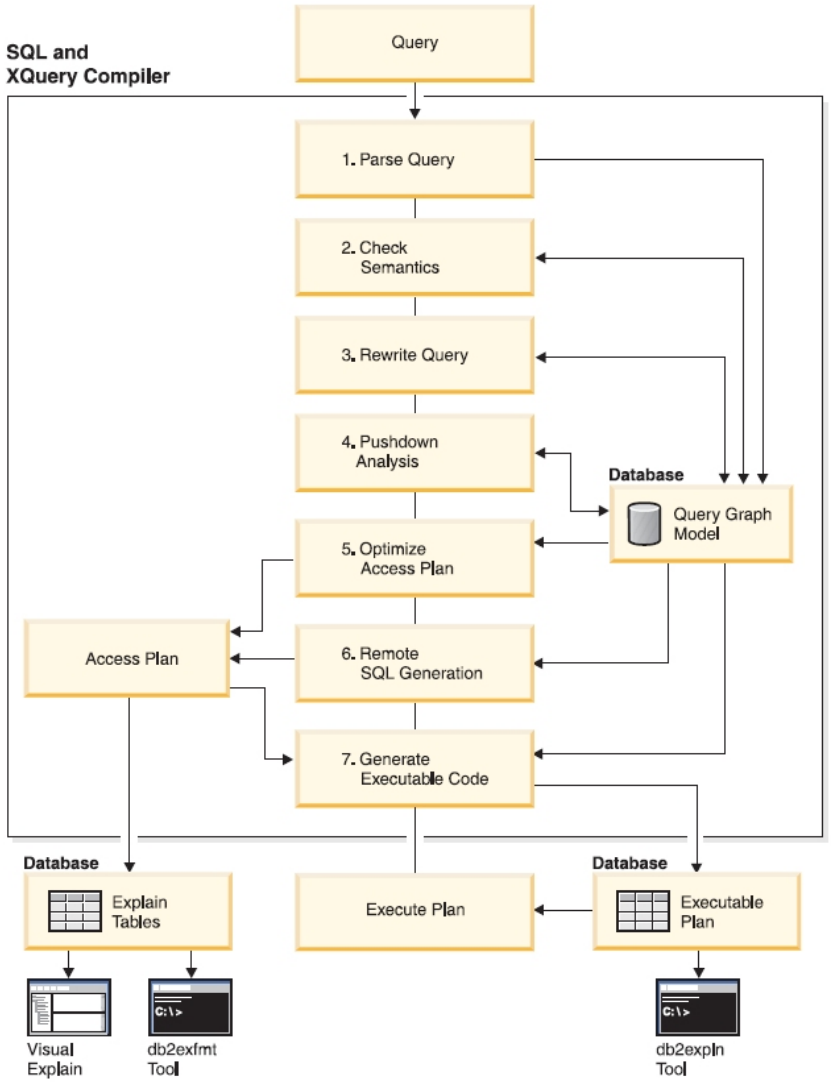
Израчунавање са оптимизацијом

1. Извршити рестрикцију на торке које садрже 2016
   - чита се 10000 испита за сваког од 100 студената
   - међурезултат се састоји од 50 торки које остају у меморији
2. Спојити резултате корака 1) (преко Индекс) са Досије
   - чита се 100 студената
   - добијени резултат има поново 50 торки које остају у меморији
3. Пројектују се резултати из корака 2) преко ИМЕ
   - највише 50 торки које остају у меморији

Пример - наставак

- Први приступ има укупно 1030000 У/И торки док други има само 10100
- Разлика у дужини извршавања је очигледна - други приступ даје око 100 пута брже израчунавање
- Могућа су и даља побољшања нпр. ако се атрибути индексирају (нпр. Id_predmeta)

Фазе обраде упита - шема



Фазе обраде упита

У обради упита се могу идентификовати основне фазе:

- Парсирање упита и провера семантике
- Конверзија упита у канонички облик
- Анализа и избор кандидата за процедуре ниског нивоа
- Формирање планова упита и избор најјефтинијег

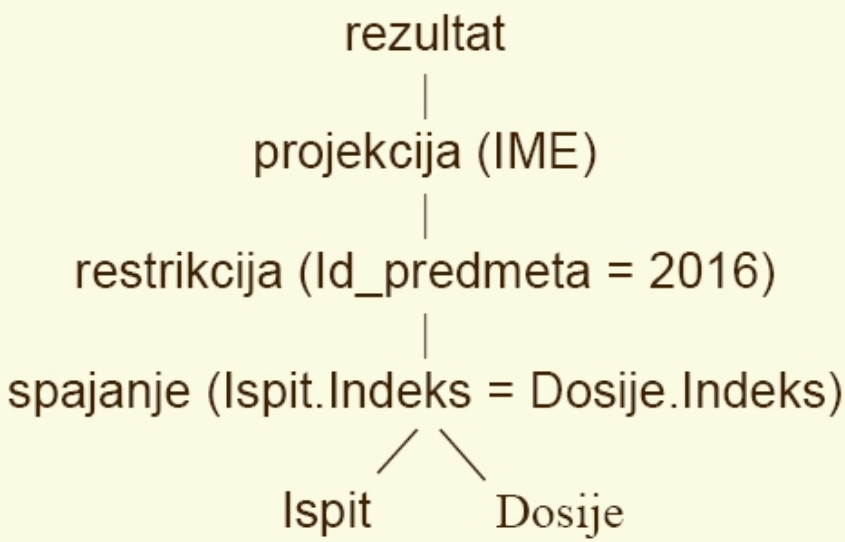
Парсирање упита и провера семантике

- Провера синтаксне исправности упита
- Превођење упита на интерни запис
- Провера коректности типова аргумената, функција, корелација, подупита, ...

Превођење упита на интерни запис

- Почетни упит се преводи у интерну репрезентацију која је погоднија за обраду у рачунару
- Обично се користи дрво упита или дрво апстрактне синтаксе
- За наше потребе изабраћемо погоднији формализам за представљање упита, нпр. релациону алгебру
- ```
  ((dosije join ispit)
  where Id_predmeta(2016)){ime}
  ```
  ```

Превођење упита на интерни запис



Algebra: ((Dosije JOIN Ispit) WHERE Id_predmeta(2016)){IME}

Конверзија упита у канонички облик

- У овој фази оптимизатор обавља операције за које "постоји гаранција да су добре", без обзира какви су подаци и која база у питању
- Нпр. SQL упит је могуће записати на више начина које пре даље обраде треба довести на еквивалентан канонички облик који је много ефикаснији
- За конверзију упита у канонички облик оптимизатор користи различита правила за трансформацију
- Два упита q_1 и q_2 су еквивалентни ако и само ако се, при њиховом извршавању, у свим случајевима добија исти резултат.

Конверзија упита у канонички облик

Канонички облик (дефиниција):

- За подскуп C датог скупа упита Q се каже да је у каноничкој форми за Q ако и само ако је сваки упит q из Q еквивалентан неком упиту c из C
- Упит c представља канонички облик упита q

Последица: све "корисне" особине које могу да се примене на упит q важе и за упит c. Због тога је довољно да се разматра мањи скуп упита C уместо већег Q да би се добили различити "корисни" резултати.

Анализа и избор кандидата за процедуре ниског нивоа

- После конверзије и представљања у каноничком облику оптимизатор мора да одлучи на који начин ће извршавати трансформисани упит
- Основна стратегија је посматрање израза који представља упит као низа операција ниског нивоа (спајање, пројекција, рестрикција, ...) између којих постоје одређене зависности нпр. пројекција обично захтева да улазне торке буду сортиране што значи да резултат претходне операције треба да буде сортиран
- Оптимизатор разматра постојање индекса, постојање приступних путева, физичку дистрибуцију података, ...

Анализа и избор кандидата за процедуре ниског нивоа

- За сваку од операција ниског нивоа оптимизатор има на располагању скуп предефинисаних процедура за њихову имплементацију
- Свака процедура има придружену (параметризовану) формулу за одређивање цене коштања, обично у зависности од У/И операција на диску, CPU времена, величине међурезултата,...
- На основу информација из каталога о текућем стању базе и међусобних зависности операција ниског нивоа оптимизатор бира једну или више процедура за имплементацију сваке од операција ниског нивоа

Формирање планова упита и избор најјефтинијег

- Формира се скуп кандидата на план упита између којих се бира најбољи (тј. најјефтинији)
- Сваки план је комбинација кандидата за имплементацију процедура за операције ниског новоа
- Цена упита је једнака збиру цена појединачних процедура
- Проблем је одређивање цене упита јер формуле зависе од величине релација које се обрађују

Формирање планова упита и избор најјефтинијег

- Сви сем најједноставнијх упита укључују формирање међурезултата при извршавању тако да највећи део параметара није унапред познат
- Због тога оптимизатор прави процене цене коштања упита
- Пример процене: Visual Explain u DB2
- Алати за процену перформанси и анализу мера за побољшање
- Пример: Query Tuner y Data Studio

Трансформација израза

Рестрикција и пројекција

1. (A WHERE restrikcija1) WHERE restrikcija2
   $\iff$ A WHERE restrikcija1 AND restrikcija2
2. (A {atributi1}) {atributi2} $\iff$ A {atributi2}
3. (A {atributi}) WHERE restrikcija $\iff$ (A WHERE restrikcija) {atributi}

Примедба: у општем случају је добро применити рестрикцију пре пројекције јер се тиме смањује величина улаза у пројекцију чиме се смањује величина података које треба сортирати ради елиминисања дупликата

Трансформација израза

Дистрибуција

1. За унарни оператор f се каже да је дистрибутиван преко бинарног оператора O ако и само ако важи $f(AOB) \equiv f(A)Of(B)$
2. Рестрикција је дистрибутивна
   - преко уније, пресека и разлике
   - преко спајања ако и само ако се услов рестрикције састоји од највише два одвојена услова рестрикције која су спојена конјункцијом (AND), један за сваки операнд у спајању

Трансформација израза

Пројекција је дистрибутивна

1. преко уније и пресека $(A\ UNION\ B)\{C\} \equiv A\{C\}\ UNION\ B\{C\}$
   $(A\ INTERSECT\ B)\ \{C\} \equiv A\{C\}\ INTERSECT\ B\{C\}$
2. не и преко разликњ
3. преко спајања $(A\ JOIN\ B)\{C\} \equiv (A\ \{AC\})\ JOIN\ (B\ \{BC\})$
4. ако и само ако
   - AC је унија (а) атрибута који су заједнички са A и B и (б) оних атрибута C који се појављују само у A
   - BC је унија (а) атрибута који су заједнички са A и B и (б) оних атрибута C који се појављују само у B

Трансформација израза

Комутативност

1. Binarni operator O je komutativan ako i samo ako važi $AOB \equiv BOA$
2. Unija, presek i spajanje su komutativni
3. Razlika i delenje nisu
4. Posledica: ako upit uključuje spajanje dve relacije A i B komutacija omogućuje da se "manja" relacija uzme za spoljašnju

Трансформација израза

Идемпотенција

1. Бинарни оператор O је идемпотентан ако и само ако важи $AOA \equiv A$
2. Унија, пресек и спајање су идемпотентни
3. Разлика и делење нису
4. Особина идемпотенције може да буде корисна у трансформацији израза

Скаларни израчунљиви изрази

Оптимизатор мора да води рачуна и о трансформацијама аритметичких израза (нпр. комутација, асоцијација, дистрибуција) јер на овај тип израза може да се наиђе у контексту оператора extend и summarize.

Трансформација израза

Логички изрази. На пример,

1. израз $A > B \ and \ B > 3$ се може, на основу транзитивности оператора $>$, трансформисати у израз
   $A > B \ and \ B > 3 \ and \ A > 3$
   item Трансформација је корисна јер омогућује додатну рестрикцију на A пре извођења спајања (са $>$). Идеја извођења раније рестрикције је погодна и примењује је више комерцијалних продуката
2. $A > B \ or \ (C = D \ and \ E < F)$ се може трансформисати у $(A > B \ orC = D) \ and \ (A > B \ or \ (E < F)$

Трансформација израза

Сваки логички израз се може трансформисати у еквивалентни израз у конјуктивној нормалној форми (KNF)

1. KNF је израз облика C_1 AND C_2 AND ... AND C_n, при чему ни један од израза C_i не садржи конјункцију (AND)
2. Предност KNF је што је израз тачан ако су сви конјункти тачни, а нетачан ако је бар један од њих нетачан
3. Како је конјункција комутативна оптимизатор може да бира редослед извршавања конјуката идући од једноставнијих ка сложенијима
4. КНФ је погодна код система са паралелном обрадом

Трансформација израза

Семантичке трансформације

1. У изразу (DOSIJE JOIN ISPIT) {OCENA} спајање се врши упаривањем спољашњег кључа (са једне стране) и кандидата за кључ (са друге стране). Одатле следи да се свака торка из табеле ISPIT спаја са неком торком из табеле DOSIJE и да због тога свака торка из табеле ISPIT даје неку вредност за атрибут OCENA у крајњем резултату. Одавде се види да нема потребе за спајањем и да израз може бити упрошћен у ISPIT {OCENA}
2. Овакав тип трансформације, иако је значајан, ретко се среће код комерцијалних система због сложености

Статистика у бази података

Фазе процеса оптимизације користе статистику базе података која се чува у каталогу

1. статистика о основним табелама
2. статистика о свакој колони у основној табели
3. статистика о индексима
4. статистика се не сакупља аутоматски већ на захтев корисника
5. RUNSTATS наредба у DB2

Имплементација оператора спајања

У највећем броју случајева систем има потребу да врши груписање торки према заједничким вредностима у одређеним атрибутима. За груписање се користе различите технике. На пример, за спајање:

1. Груба сила (енг. brute force) у којој се праве све могуће комбинације торки у спајању
2. Помоћу индекса који се користи за директан приступ упареним торкама унутрашње релације спајања
3. Помоћу хеша који се користи уместо индекса за директан приступ упареним торкама унутрашње релације спајања

Имплементација оператора спајања

У највећем броју случајева систем има потребу да врши груписање торки према заједничким вредностима у одређеним атрибутима. За груписање се користе различите технике. На пример, за спајање:

1. Мешањем релација које су физички сачуване у редоследу атрибута по коме се спајају
2. Хеш техника која омогућује један пролаз кроз обе релације које се спајају
3. комбинацијом ових техника

Детаљне информације о процедурама ниског нивоа се налазе у *DB2 Performance Tuning* и на адреси

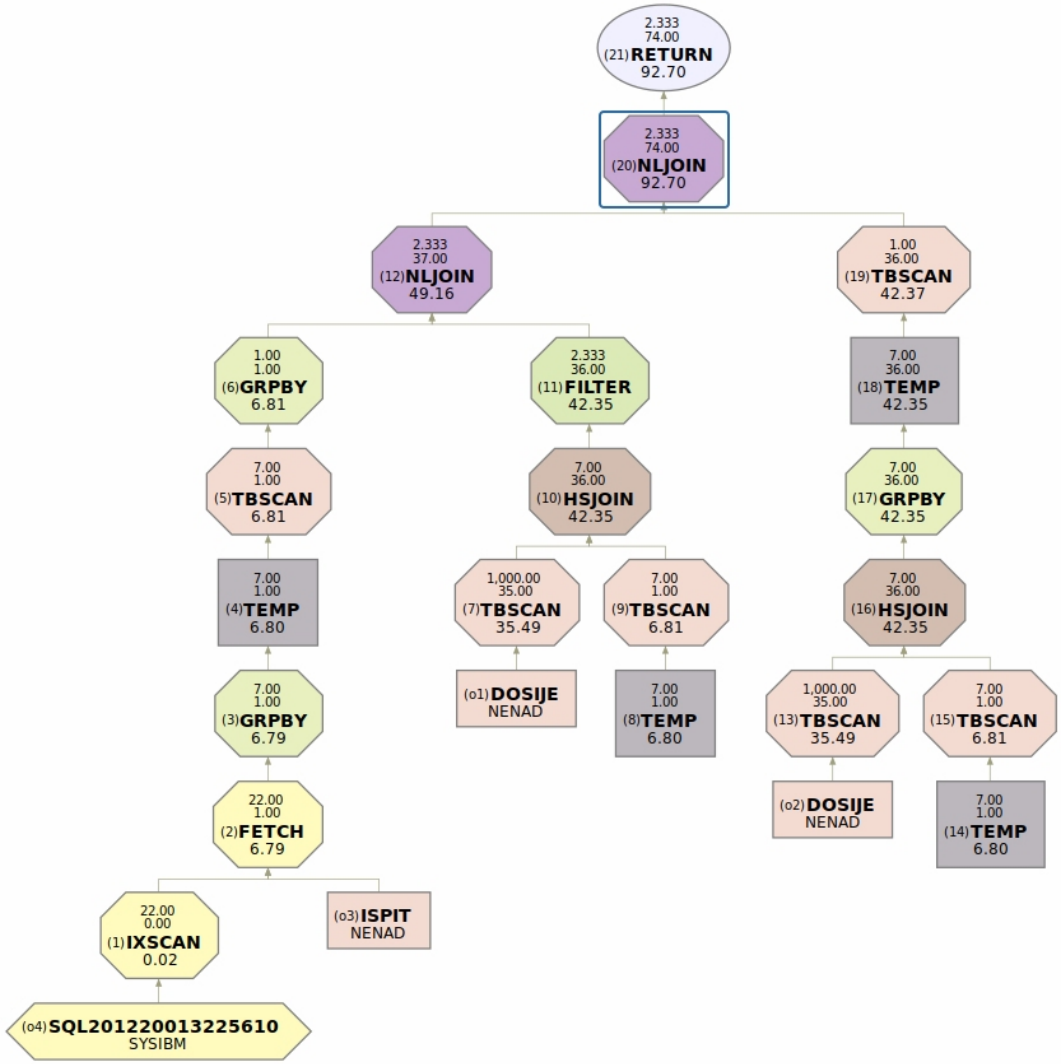
https://public.dhe.ibm.com/ps/products/db2/info/vr115/pdf/en_US/db2_perf_tune_115.pdf

Оптимизација у Д62

SQL упит у DB2 је скуп select-from-where блокова

1. Бира се редослед блокова, при чему се у случају угнеждених блокова оптимизује прво који је на највећој дубини (нај-унутрашњији блок)
2. EXPLAIN – алат за процену цене упита
3. Корисник DB2 LUW на располагају има Visual Explain – алат за процену са графичким интерфејсом
4. Потребно је извршити иницијализацију Explain табела преко Data Studio-a или са командне линије (директоријум MISC, датотека EXPLAIN.DDL

Оптимизација у Д62



Нивои оптимизације у Db2

Нивои оптимизације у Db2

1. 0 - Use a minimal amount of optimization
2. 1 - Use a degree of optimization roughly comparable to DB2/6000 Version 1, plus some additional low-cost features not found in Version 1
3. 2 - Use features of opt level 5, but simplified join algorithm
4. 3 - Perform a moderate amount of optimization; similar to the query optimization characteristics of DB2 for z/OS
5. 5 - Use a significant amount of optimization; with Heuristic Rules (default)
6. 7 - Use a significant amount of optimization; without Heuristic Rules
7. 9 - Use all available optimization techniques

Увод

- Исти задатак може да се реши на више начина
- Решења могу да се разликују по ефикасности - како изабрати најефикасније
- 16.primeri.sql - различита решења истих задатака (два примера)
- Проценити ефикасност са Visual explain - који су разлози разлика?

Увод

- *SARGable - Search ARGument* атрибути - атрибути по којима може да се врши претраживање
- Неке од наведених правила оптимизатор може да трансформише - видети Висуал Exплаин
- Правила за превођење предиката су приказана у DB2 V11.5 Performance Tuning, Табела 61

Ефикасност SELECT наредбе

- Навести само атрибуте који су неопходни - не користити "*"ако нема потребе
- Користити предикате који праве рестрикцију само на оне случајеве који су потребни
- Ако је потребан значајно мањи број слогова броја постојећих у табели користити OPTIMIZE FOR клаузулу
- Користити FOR READ ONLY/FOR FETCH ONLY клаузуле
- Искључити DISTINCT/ORDER BY где нису неопходни
- Користити UNION ALL уместо UNION где је то могуће

Ефикасност SELECT наредбе

- Избегавати конверзију нумеричких типова
- Атрибути који се пореде треба да буду истог типа
- Ако је могуће, користити следеће типове података
  - CHAR уместо VARCHAR за краће атрибуте
  - Integer уместо FLOAT, DECIMAL или DECFLOAT
  - DECFLOAT уместо DECIMAL
  - Датумско-временски тип уместо карактера
  - Бројачане вредности уместо карактера

Ефикасност SELECT наредбе

- Сем у случају малих табела избегавати `SELECT count(*) from <tabela>` за проверу да ли је табела празна
- Користити IN листу ако се исти атрибут јавља у више предиката
- Ако је могуће, избећи коришћење OR предиката при спајању табела
- ...

Нека правила за кодирање

Избегавати, уколико је могуће, коришћење скаларних функција над атрибутима у предикату

Уместо

```
select ime,prezime
from   dosije
where  year(datum_rodjenja)=2002
```

ефикаснији запис је

```
select ime,prezime
from   dosije
where  datum_rodjenja between '2002-01-01' and '2002-12-31'
```

Нека правила за кодирање

Искључити, уколико је могуће, примену математички функција над атрибутима у предикату

Уместо

```
select indeks,id_predmeta,ocena
from   ispit
where  godina_roka+5 > 2010
```

ефикаснији запис је

```
select indeks,id_predmeta,ocena
from   ispit
where  godina_roka > 2010 - 5
```

Нека правила за кодирање

Искључити DISTINCT када год је то могуће. Ако треба елиминисати дупликате

- користити GROUP BY који може да користи индексе (ако постоје) ради елиминисања сортирања
- написати упит употребом IN или EXISTS. Корисно ако табела која враћа дупликате не враћа податке за неке вредности

Нека правила за кодирање

Уместо

```
select distinct id_predmeta, a.godina_roka
from   ispit a, ispitni_rok b
where  a.oznaka_roka=b.oznaka_roka
```

ефикаснији запис је

```
select id_predmeta, a.godina_roka
from   ispit a, ispitni_rok b
where  a.oznaka_roka=b.oznaka_roka
group  by id_predmeta, a.godina_roka
```

Нека правила за кодирање

Уместо

```
select id_predmeta, a.godina_roka
from   ispit a
where  a.oznaka_roka in (select oznaka_roka
                         from   ispitini_rok)
```

ефикаснији запис је

```
select id_predmeta, a.godina_roka
from   ispit a
where  exists (select 1
               from   ispitni_rok b
               where  b.oznaka_roka=a.oznaka_roka
              )
```

Нека правила за кодирање

Не тражити податке који су већ познати

Уместо

```
select indeks,id_predmeta,godina_roka,ocena
from   ispit
where  godina_roka=2020
```

ефикаснији запис је

```
select indeks,id_predmeta,ocena
from   ispit
where  godina_roka=2020
```

Нека правила за кодирање

Користити CASE уместо UNION, ако је могуће

Уместо

```
select creator,name,'Tabela'
from   sysibm.systables
where  type='T'
UNION
select creator,name,'Pogled'
from   sysibm.systables
where  type='V'
UNION
select creator,name,'Alias'
from   sysibm.systables
where  type='A'
UNION
select creator,name,'MQT'
from   sysibm.systables
where  type='S'
order by creator,name
```

Нека правила за кодирање

ефикаснији запис је

```
select creator,name,
       case type
            when 'T' then 'Tabela'
            when 'V' then 'Pogled'
            when 'A' then 'Alias'
            when 'S' then 'MQT'
       end
from   sysibm.systables
order by creator,name
```

Нека правила за кодирање

CASE може да се користи и у другим наредбама - нпр. Update

```
update ispit
set    ocena= case
              when bodovi>90 then 10
              when bodovi>80 then 9
              when bodovi>70 then 8
              when bodovi>60 then 7
              when bodovi>50 then 6
              else                5
       end
where godina_roka=2015
```

Нека правила за кодирање

- У кодирању дати предност *SARGable* атрибутима
- У кодирању обратити пажњу на конструкцију предиката над атрибутима где је дефинисан индекс
- Тип атрибута може се видеи у Visual Explain при одабиру процедуре ниског нивопа
- Детаљнији приказ у DB2 V11.5 Performance Tuning, Табеле 58 и 60
- *A Guide to Db2 Performance for Application Developers Code for Performance from the Beginning* - Craig S. Mullins
- Обратити пажњу на процедуре ниског нивоа - да ли могу да се промене

Процедуре ниског нивоа

Назив	Улазна грана		Излаз	Функција
	прва	друга		
IXSCAN	Индексни чвор	—	Скуп важећих идентификатора слогова (RID-ова)	Претражује индекс ради добијања важећих идентификатора слогова унутар задатог интервала кључева
FETCH	скуп RID-ова	Čvor sa tabelom	Скуп важећих слогова	Чита слогове података и одговарајуће странице на основу RID-а и примењује предикате ако постоје
TBSCAN	Табела	—	Скуп важећих слогова	Секвенцијано претражује циљни простор за чување табела ради дохватања страница са подацима и примењује предикате ако постоје
SORT	Скуп слогова или RID-ова	—	Скуп сортираних слогова или RID-ова	Сортира улазне податке у оквиру странице (по RID-овима) или слогове (по кључевима)

Процедуре ниског нивоа

Назив	Улазна грана		Излаз	Функција
	прва	друга		
NLJOIN (nested loop)	Скуп слогова	Скуп слогова	Скуп слогова	За сваки квалификовани слог из прве (спољашње) табеле претражује другу табелу (унутрашња) ради налажења упарених слогова који су резултат спајања
MSJOIN (merge scan)	Скуп сортираних слогова	Скуп сортираних слогова	Скуп слогова	Претражује обе улазне табеле ради налажења упарених слогова који су резултат спајања
HSJOIN (hash join)	Табела	Табела	Скуп слогова	Формира се код једнакосног спајања. Претражује се унутрашња табела, формира табела за упаривање на основу вредности атрибута по коме се врши спајање, а затим чита спољашња табела, хешира атрибут по коме се врши спајање и претажује табела за упаривање ради добијања резултата