Introdução

Codd: álgebra relacional e cálculo relacional.

Mesmo poder de expressão embora com sintaxes diferentes,

são capazes de expressar as mesmas (complexas) consultas sobre a BD,

tiveram profunda influência sobre as linguagens práticas posteriores,

concentram-se em formular consultas (*queries*) relativamente complexas sobre os dados

UNICAMP

Álgebra relacional (AR)

É uma álgebra de expressões envolvendo relações.

A partir de uma ou mais relações tomadas como operandos,

outras relações podem ser construídas através de operadores especiais;

a relação final construída é, na verdade, o *resultado* de uma consulta sobre a BD.

UNICAMP

Operadores da álgebra relacional

Manipulam relações como conjuntos matemáticos:

1. união, subtração, interseção e produto cartesiano;

2. remoção de partes de uma relação:
   seleção: elimina linhas
   projeção: elimina colunas, ou seja, atributos

3. operadores que selecionam subconjuntos do produto cartesiano de duas relações de acordo com condições booleanas diversas

Operadores da álgebra relacional

5. operador de renomeação ρ :

permite renomear o esquema de uma relação para expressar de forma não ambígua operações envolvendo auto-relacionamentos.

Exemplo:

$$\rho_{D_1(f1,n1,p1)}(Dependentes(numf, nomed, parentesco$$

renomeia a relação Dependentes e seus atributos para $D_1(f1, n1, p1)$

Notação

Relações: letras maiúsculas do final do alfabeto R, S, T

Atributos: letras maiúsculas do início do alfabeto A, B, C etc.

Operadores de comparação
$=, \neq, <, >, \leq, \geq$: letra grega Θ

operações de união, interseção e diferença: significado convencional,

mas só fazem sentido para relações cujos atributos sejam os mesmos

i. é. para relações compatíveis quanto à união

Exemplos de operações

$R \cup S$: contém as tuplas que estão em R, em S ou ambas

se uma tupla está presente em R e em S, ela só aparece uma vez na união

$R \cap S$: contém as tuplas que estão em ambas R e S

$R - S$: contém as tuplas que estão em R porém não estão em S

Obs: $R - S$ é diferente de $S - R$

Exemplos de operações

Exemplo: instâncias de *R(A,B)* e *S(A,B)*:

R		S	
A	B	A	B
1	2	3	4
3	4	5	6
		5	8

Então:

$$R \cup S = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \\ 5 & 6 \\ 5 & 8 \end{pmatrix}, \quad R \cap S = \begin{pmatrix} 3 & 4 \end{pmatrix},$$

$$R - S = \begin{pmatrix} 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Operação *projeção*

$\Pi_{A_i, A_j, \ldots A_k}(R)$: constrói uma nova relação a partir de R contendo apenas os atributos $A_i, A_j, \ldots A_k$

tuplas duplicadas são eliminadas ao se fazer a projeção

Exemplo:

$$\Pi_A(S) = \begin{pmatrix} 3 \\ 5 \end{pmatrix}$$

Operação *seleção*

Dada uma expressão booleana C do tipo $R.A \ominus c$, onde c é uma constante do tipo de A que queremos comparar com o atributo A de uma linha de R,

$\sigma_{C}(R)$ é uma relação que inclui unicamente as linhas de R para as quais C é verdadeiro.

Exemplo:

$$\sigma_{B \geq 6}(S) = \begin{pmatrix} 5 & 6 \\ 5 & 8 \end{pmatrix}$$

Expressões mais complexas com *ands* e *ors* de operandos do tipo $R.A \ominus c$ podem ser avaliadas através de união e interseção

para simplificar a notação, vamos admiti-las em C

Exemplos de operações

Podemos compor quaisquer operações, por exemplo:

$$\Pi_B(\sigma_{B \geq 6}(S)) = \begin{pmatrix} 6 \\ 8 \end{pmatrix}$$

Produto cartesiano $R \times S$:

é a relação obtida *concatenando-se* cada linha de R com cada linha de S

atributos do produto são os atributos de R seguidos dos atributos de S

se houver coincidência nos nomes de atributos uma forma de distingui-los pode ser, por exemplo, R.C e S.C

Produto cartesiano – exemplo

Se R possui n atributos e k linhas e S possui m atributos e l linhas então $R \times S$ possui n + m atributos e $k \times l$ linhas:

$$R \times S = \begin{pmatrix} R.A & R.B & S.A & S.B \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 5 & 6 \\ 1 & 2 & 5 & 8 \\ 3 & 4 & 3 & 4 \\ 3 & 4 & 5 & 6 \\ 3 & 4 & 5 & 8 \end{pmatrix}$$

Junção $\ominus$

comparamos duas colunas do mesmo tipo de R e S, por exemplo $R.A \ominus S.B$

se der verdadeira, selecionamos a linha correspondente do produto cartesiano $R \times S$.

A junção $\ominus$ é denotada por: $\underset{R.A \ominus S.B}{R \mid \times \mid S}$

Ela é, portanto, um subconjunto do produto cartesiano $R \times S$ e pode ser definida por:

$$\underset{R.A \ominus S.B}{R \mid \times \mid S} = \sigma_{(R.A \ominus S.B)}(R \times S)$$

Junção ⊖ - Exemplo

Vamos utilizar outra relação T, com esquema *T(B, C, D)* contendo:

T		
B	C	D
2	2	6
4	7	8
3	2	1

Então,

$$\underset{R.B\ \geq\ T.D}{R \mid\times\mid T} = \begin{pmatrix} A & R.B & T.B & C & D \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 3 & 4 & 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}$$

Junção natural

Se $\ominus$ é o operador de igualdade o produto cartesiano terá duas colunas idênticas R.A e S.B

projetando fora uma das colunas o resultado é chamado *junção natural* de R com S.

Se as colunas da junção tiverem o mesmo nome pode-se simplificar a notação:

$$R \mid \times \mid S$$

ficando implícitas as colunas sobre as quais é feita a comparação.

Junção natural – exemplo

Junção de R e T sobre as colunas R.B e T.B:

$$R \mid \times \mid T = \begin{pmatrix} A & B & C & D \\ 1 & 2 & 2 & 6 \\ 3 & 4 & 7 & 8 \end{pmatrix}$$

Apenas estes operadores são essenciais: união, diferença, produto cartesiano, projeção, seleção e renomeação

interseção pode ser obtida a partir da fórmula para conjuntos:

$$R \cap S = S - (S - R)$$

junções são muito úteis para expressar consultas práticas, serão usados com freqüência nos exemplos .

Consultas práticas em AR

Relação F = Funcionários, D = Dependentes:

F(<u>numf</u>, nomef) e D(<u>numf, nomed</u>, par)

numf= número do funcionário, nomef= nome do funcionário, nomed= nome do dependente e par= parentesco: ‘filho’, ‘filha’, ‘esposa/o’

instâncias dessas relações:

F		**D**		
numf	nomef	numf	nomed	par
01	F1	01	Alice	filha
02	F2	02	Alice	esposa
03	F3	02	Clara	filha
04	F4	03	José	filho

Consultas práticas em AR

junção natural $F \mid \times \mid D$
(usa a coluna *numf* para junção):

numf	nomef	nomed	par
01	F1	Alice	filha
02	F2	Alice	esposa
02	F2	Clara	filha
03	F3	José	filho

Como o funcionário 04 não possui dependentes, ele não aparece no resultado da junção.

Consultas práticas em AR

1. Quais os nomes e parentescos de todos os dependentes?

   $\Pi_{nomed,par}(D)$

2. Quais funcionários(números de) possuem dependentes filhas?

   $\Pi_{numf}(\sigma_{par='filha'}(D))$

3. Quais funcionários não possuem dependentes?

   $\Pi_{numf}(F) - \Pi_{numf}(D)$

Consultas práticas em AR

4. Dê os nomes dos funcionários que possuem algum dependente.

$$\Pi_{nomef}(F \mid \times \mid D)$$

5. Dê o nome de cada funcionário que possui uma dependente chamada Alice.

$$\Pi_{nomef}(F \mid \times \mid (\sigma_{nomed='Alice'}(D))$$

6. Quais funcionários possuem mais de um dependente?

$$\rho_{D_1(numf,nomed1,par1)}(D), \quad \rho_{D_2(numf,nomed2,par2)}(D)$$

$$\Pi_{numf}(\sigma_{nomed1 \neq nomed2}(D_1 \mid \times \mid D2)$$

Consultas práticas em AR

numf	nomed1	par1	nomed2	par2
01	Alice	filha	Alice	filha
02	Alice	esposa	Alice	esposa
02	Alice	esposa	Clara	filha
02	Clara	filha	Alice	esposa
02	Clara	filha	Clara	filha
03	José	filho	José	filho

obtivemos quatro linhas para o funcionário 02 e não duas linhas, pois estamos fazendo o produto cartesiano de Dependentes consigo mesmo. O resultado da seleção é a tabela:

numf	nomed1	par1	nomed2	par2
02	Alice	esposa	Clara	filha
02	Clara	filha	Alice	esposa

Consultas práticas em AR

7. Quais funcionários possuem exatamente um dependente?

$$\Pi_{numf}(D) - \Pi_{numf}(\sigma_{nomed1 \neq nomed2}(D_1 \mid \times \mid D2)$$

Use o resultado anterior: subtraia do conjunto de funcionários que possuem dependentes, aqueles que possuem *mais de um* dependente: o que sobra são os que possuem *exatamente um dependente*.

Consultas práticas em AR

8. Quais funcionários não têm Alice como dependente?

$$\Pi_{numf}(D) - \Pi_{numf}(\sigma_{nomed='Alice'}(D))$$

a solução abaixo é incorreta(justifique):

$$\Pi_{numf}(\sigma_{nomed\neq 'Alice'}(D))$$

9. Para cada funcionário que tem uma dependente chamada Alice, dê o seu número e o nome dos outros dependentes, se houver.

Utilize D_1 e D_2 conforme definidos em 6:

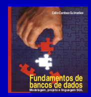
$$\Pi_{numf,nomed2}(\sigma_{nomed2\neq'Alice'}(\sigma_{nomed1='Alice'}(D_1) \mid\times\mid D_2))$$

10. Dê os nomes dos funcionários que possuem exatamente um dependente.

Utilize a solução do problema 7:

$$\Pi_{nomef}(F \mid\times\mid (\Pi_{numf}(D) -$$

$$\Pi_{numf}(\sigma_{nomed1 \neq nomed2}(D_1 \mid\times\mid D_2))))$$



Exemplo: composições de materiais

Materiais(<u>num-material</u>, nome, tipo)

Contem(<u> num-material, num-mat-contido</u>)

obter expressões da AR para as consultas:

1. Dê o número e nome dos materiais do tipo *parafuso*.

2. Dê o número dos materiais *simples*, isto é, que não possuem componentes.

3. Dê o número, nome e tipo dos materiais que possuem um ou mais componentes.

Exemplo: composições de materiais

4. Dê os números dos materiais que não são componentes de nenhum outro material.

5. Quais materiais simples são *obsoletos*, isto é, não são componentes de nenhum outro material?

6. Dê os números dos materiais que possuem mais de um componente.

7. Dê os números dos materiais que possuem exatamente um componente.

8. Dê os números dos materiais que possuem pelo menos um componente e também são componentes de outro(s) material(s).

Solucões

1. $\Pi_{num-material,nome}(\sigma_{tipo='parafuso'}(Materiais))$

2. Subtraia do conjunto dos materiais aqueles que possuem componentes:

   $\Pi_{num-material}(Materiais) -$
   $\Pi_{num-material}(Contem)$

3. $Materiais\ |X|\ \Pi_{num-material}(Contem)$

4. Subtraia do conjunto dos materiais, os que são componentes de outros materiais:

   $\Pi_{num-material}(Materiais) -$
   $\Pi_{num-mat-contido}(Contem)$

Solucões

5. Subtraia dos materiais simples (ex. 2) os que são componentes:

$$(\Pi_{num-material}(Materiais) -$$
$$\Pi_{num-material}(Contem)) -$$
$$\Pi_{num-mat-contido}(Contem)$$

6.

$$\rho_{C1(m1,c1)}(Contem), \quad \rho_{C2(m1,c2)}(Contem)$$

$$\Pi_{m1}\sigma_{c1 \neq c2}(C1 \mid \times \mid C2)$$

7. Subtraia dos materiais que possuem um ou mais componentes aqueles que possuem dois ou mais componentes:

$\Pi_{num-material}(Contem)$ - resultado ex 6

Solucões

8.

$\Pi_{num-material}(Contem) \cap \Pi_{num-mat-contido}(Conte$

ou, alternativamente,

$\rho_{C1(m1,c1)}(Contem), \quad \rho_{C2(m2,c2)}(Contem)$

então:

$$\Pi_{m1}(C1 \mid\times\mid_{m1 = c2} C2)$$

Operador divisão da AR

Fornecedores, *F(f)*, Materiais, *M(m)*, e Fornecimentos de materiais, *FM(f, m)*

obter o conjunto dos fornecedores que fornecem todos os materiais

é a consulta clássica do modelo relacional

expressões intermediárias:

$$F \equiv \Pi_f(FM)$$

$F \times M$ = conjunto dos possíveis pares (f, m)

$F \times M - FM$ = conjunto de pares (f, m) que não pertencem a FM,

Operador divisão da AR

isto é, contêm os fornecedores que *não fornecem algum material*, ou seja:

$$\Pi_f(F \times M - FM)$$

são os fornecedores que não fornecem algum material; logo,

$F - \Pi_f(F \times M - FM)$ é a solução!

Definição:

$$FM/M = \Pi_f(FM) - \Pi_f(\Pi_f(FM) \times M - FM)$$