



## Definizioni

- **Algebra Relazionale**
  - Insieme di operatori di base del modello relazionale
- **Espressioni in Algebra relazionale**
  - Sequenza di operazioni in algebra relazionale
- **Calcolo relazionale**
  - Linguaggio dichiarativo di alto livello per specificare interrogazioni nel modello relazionale
  - Questo argomento non sarà oggetto del corso

# Operatori relazionali unari

Selezione e Proiezione



Giorgio Giacinto 2011

## Definizioni

- Gli operatori **unari** dell'algebra relazionale
  - Si applicano a una relazione
  - Restituiscono una relazione
- Operatori di base
  - **Selezione**
  - **Proiezione**

# Operatore di Selezione

- L'operatore di **selezione**
  - Restituisce il sottoinsieme di tuple di una relazione che soddisfano una condizione di selezione :

$$\sigma_{\langle \text{selection condition} \rangle}(R)$$

- la condizione di selezione è una espressione booleana che contiene clausole nella forma  
 $\langle \text{nome attributo} \rangle \langle \text{op di confronto} \rangle \langle \text{valore costante} \rangle$   
*oppure*  
 $\langle \text{nome attributo} \rangle \langle \text{op di confronto} \rangle \langle \text{nome attributo} \rangle$

# Operatore di Selezione

- Esempio

$$\sigma_{(\text{Dno}=4 \text{ AND } \text{Salary}>25000) \text{ OR } (\text{Dno}=5 \text{ AND } \text{Salary}>30000)}(\text{EMPLOYEE})$$

- la <condizione di selezione> è valutata indipendentemente per ciascuna tupla  $t$  di  $R$ 
  - se la condizione è vera, la tupla è selezionata
- possono essere usati gli operatori logici AND, OR, e NOT

# Operatore di Selezione

- **Selettività**
  - La condizione seleziona un sottoinsieme di tuple
- L'operatore di selezione gode della proprietà **commutativa**
- Più operazioni di selezione in cascata possono essere condensate in un'unica operazione
  - <condizione di selezione> espressa da AND delle condizioni.

# Operatore di Proiezione

- Seleziona un **sottoinsieme di attributi** della relazione
 
$$\pi_{\langle \text{attribute list} \rangle}(R)$$
- **Grado**
  - Numero di attributi nella <lista attributi>
- Eliminazione di **duplicati**
  - Il risultato è un insieme di tuple distinte

# Espressioni in Algebra Relazionale

- Espressione algebra relazionale

$$\pi_{\text{Fname, Lname, Salary}}(\sigma_{\text{Dno}=5}(\text{EMPLOYEE}))$$

- Sequenza di operazioni

$$\text{DEP5\_EMPS} \leftarrow \sigma_{\text{Dno}=5}(\text{EMPLOYEE})$$

$$\text{RESULT} \leftarrow \pi_{\text{Fname, Lname, Salary}}(\text{DEP5\_EMPS})$$

## Operatore di ridenominazione

- L'operatore di **ridenominazione** consente di rinominare gli attributi dei risultati intermedi per eliminare ambiguità

$$\rho_{S(B_1, B_2, \dots, B_n)}(R) \quad \text{or} \quad \rho_S(R) \quad \text{or} \quad \rho_{(B_1, B_2, \dots, B_n)}(R)$$

# Operatori dalla teoria degli insiemi



Unione, Intersezione, Differenza, Prodotto Cartesiano

Giorgio Giacinto 2011

## Operatori dalla teoria degli insiemi

- **Unione, Intersezione, Differenza**
  - Operatori binari
    - Si applicano a una coppia di relazioni
  - Le relazioni devono avere tuple dello stesso *tipo*

# Unione, Intersezione e Differenza

- **Unione**  $R \cup S$ 
  - Risultato
    - tutte le tuple in  $R$  e  $S$
    - Eliminazione di tuple duplicate
- **Intersezione**  $R \cap S$ 
  - Risultato
    - Tutte le tuple che sono sia in  $R$ , sia in  $S$
- **Differenza**  $R - S$ 
  - Tutte le tuple in  $R$  che non sono contenute in  $S$

# Prodotto Cartesiano

- Detto anche *cross product* o *cross join*
  - Produce una nuova tupla dalla combinazione di ciascuna tupla di una relazione con ciascuna tupla dell'altra relazione
- Simbolo  $\times$
- Le relazioni coinvolte *non* devono essere compatibili rispetto all'unione
- È utile quando è seguito da una selezione che accoppia le tuple in base ai valori di attributi delle relazioni coinvolte

## Esempio

- Per ogni impiegato di sesso femminile si vuole recuperare l'elenco delle persone a carico

$EMP\_FEM\_SEX \leftarrow \sigma_{sex=F}(EMPLOYEE)$

$EMP\_NAME \leftarrow \pi_{fname, lname, ssn}(EMP\_FEM\_SEX)$

$DEPEND\_EMP \leftarrow EMP\_NAME \times DEPENDENT$

$EFFECTIVE\_DEPENDENT \leftarrow \sigma_{ssn = essn}(DEPEND\_EMP)$

$RESULT \leftarrow \pi_{fname, lname, dependent\_name}(EFFECTIVE\_DEPENDENT)$

## Operatori relazionali binari

Join, Division





# Join

- Simbolo  $\bowtie$
- Combina in un'unica tupla le tuple **collegate logicamente**
  - analogo a prodotto cartesiano seguito da selezione
- Le condizioni di join sono nella forma  
 $\langle \text{condizione} \rangle \text{ AND } \langle \text{condizione} \rangle \text{ AND } \dots \text{ AND } \langle \text{condizione} \rangle$
- Esempio

$\text{DEPT\_MGR} \leftarrow \text{DEPARTMENT} \bowtie_{\text{Mgr\_ssn}=\text{Ssn}} \text{EMPLOYEE}$   
 $\text{RESULT} \leftarrow \pi_{\text{Dname, Lname, Fname}}(\text{DEPT\_MGR})$

Giorgio Giacinto 2011

# Theta Join

- Ciascuna  $\langle \text{condizione} \rangle$  è nella forma  $A_i \theta B_j$ 
  - $A_i$  è un attributo di  $R$
  - $B_j$  è un attributo di  $S$
  - $A_i$  e  $B_j$  hanno identico dominio
  - $\theta$  (theta) è uno degli operatori di confronto  
 $\{=, <, \leq, >, \geq, \neq\}$

Giorgio Giacinto 2011

## Varianti del Join: EquiJoin e Join Naturale

### ➤ EquiJoin

- L'unico operatore di confronto è =
- Nel risultato ci sono sempre una o più coppie di attributi che hanno valori identici in ciascuna tupla

### ➤ Join Naturale

- Simbolo \*
- Rimuove l'attributo(i) supefluo(i) dal risultato di un EquiJoin
  - Gli attributi di join devono avere lo stesso nome

## Selettività del Join

- Rapporto fra la dimensione attesa del risultato del join e la dimensione massima calcolata come  $n_R * n_S$

# Insieme completo di operatori dell'Algebra Relazionale

- L'insieme degli operatori dell'algebra relazionale  $\{\sigma, \pi, \cup, \rho, -, \times\}$  è **completo**
- Qualunque operazione dell'algebra relazionale può essere espressa come sequenza di operazioni di questo insieme

## Divisione

- Simbolo  $\div$
- $R(Z) \div S(X)$ 
  - Ha significato solo se  $X \subseteq Z$
  - $Y = Z - X$
  - Restituisce tuple  $t = t_R[Y]$  per le quali  $t_R[X] = t_S$  per ogni tupla  $t_S$  di  $S$
  - *mostra le tuple  $t$  che compaiono in  $R$  combinate con tutte le tuple di  $S$*

# Divisione

- Relazioni  $R(Z)$  e  $S(X)$ ,  $X = \{A\}$ ,  $Y = \{B\}$ ,  $Z = \{A.B\}$   
 $T = R \div S$

R	A	B
	a1	b1
	a2	b1
	a3	b1
	a4	b1
	a1	b2
	a3	b2
	a2	b3
	a3	b3
	a4	b3
	a1	b4
	a2	b4
	a3	b4

S	A
	a1
	a2
	a3

T	B
	b1
	b4

Giorgio Giacinto 2011

# Esempio

- Mostra i nomi degli impiegati che lavorano su *tutti* i progetti nei quali lavora 'John Smith'

$SMITH \leftarrow \sigma_{fname='John' \text{ AND } lname='Smith'}(EMPLOYEE)$   
 $SMITH\_PROJ\_N \leftarrow \pi_{pno}(SMITH \bowtie_{ssn=essn} WORKS\_ON)$   
 $SSN\_PROJ\_N \leftarrow \pi_{essn,pno}(WORKS\_ON)$   
 $SSNS(SSN) \leftarrow SSN\_PROJ\_N \div SMITH\_PROJ\_N$   
 $RESULT \leftarrow \pi_{fname, lname}(SSNS * EMPLOYEE)$

Giorgio Giacinto 2011

## Divisione espressa con operatori di base

$$T1 \leftarrow \pi_Y(R)$$

$$T2 \leftarrow \pi_Y((S \times T1) - R)$$

$$T \leftarrow T1 - T2$$

Giorgio Giacinto 2011

## Operazioni dell'algebra relazionale

Operazione	Effetto	Notazione
SELEZIONE	Seleziona tutte le tuple di una relazione $R$ che soddisfano la condizione di selezione.	$\sigma_{\langle \text{condizione di selezione} \rangle}(R)$
PROIEZIONE	Produce una nuova relazione con solo alcuni degli attributi di $R$ ed elimina le tuple duplicate.	$\pi_{\langle \text{lista di attributi} \rangle}(R)$
THETA JOIN	Produce tutte le combinazioni di tuple di $R_1$ e di $R_2$ che soddisfano la condizione di join.	$R_1 \bowtie_{\langle \text{condizione di join} \rangle} R_2$
EQUIJOIN	Produce tutte le combinazioni di tuple prelevate da $R_1$ e $R_2$ che soddisfano una condizione di join che presenta solo confronti di uguaglianza.	$R_1 \bowtie_{\langle \text{condizione di join} \rangle} R_2$ , oppure $R_1 \bowtie_{(\langle \text{attributi di join 1} \rangle, \langle \text{attributi di join 2} \rangle)} R_2$
JOIN NATURALE	Lo stesso dell'EQUIJOIN, se non per il fatto che gli attributi di join di $R_2$ non sono inseriti nella relazione risultante; se gli attributi di join hanno gli stessi nomi non è necessario specificarli.	$R_1 \overset{*}{\bowtie}_{\langle \text{condizione di join} \rangle} R_2$ , oppure $R_1 \overset{*}{\bowtie}_{(\langle \text{attributi di join 1} \rangle, \langle \text{attributi di join 2} \rangle)} R_2$ oppure $R_1 \overset{*}{\bowtie} R_2$

Giorgio Giacinto 2011

# Operazioni dell'algebra relazionale

Operazione	Effetto	Notazione
UNIONE	Produce una relazione che contiene tutte le tuple presenti in $R_1$ o in $R_2$ , o in entrambe; $R_1$ e $R_2$ devono essere compatibili all'unione.	$R_1 \cup R_2$
INTERSEZIONE	Produce una relazione che contiene tutte le tuple presenti sia in $R_1$ sia in $R_2$ ; $R_1$ e $R_2$ devono essere compatibili all'unione.	$R_1 \cap R_2$
DIFFERENZA	Produce una relazione che contiene tutte le tuple di $R_1$ che non sono in $R_2$ ; $R_1$ e $R_2$ devono essere compatibili all'unione.	$R_1 - R_2$
PRODOTTO CARTESIANO	Produce una relazione che presenta gli attributi di $R_1$ e $R_2$ e contiene come tuple tutte le possibili combinazioni di tuple di $R_1$ con tuple di $R_2$ .	$R_1 \times R_2$
DIVISIONE	Produce una relazione $R(X)$ che contiene tutte le tuple $t[X]$ di $R_1(Z)$ che in $R_1$ si presentano in combinazione con ogni tupla di $R_2(Y)$ , dove $Z = X \cup Y$ .	$R_1(Z) \div R_2(Y)$

Giorgio Giacinto 2011

## Altri operatori relazionali

### ➤ Proiezione Generalizzata

- La lista degli attributi di proiezione contiene **funzioni** degli attributi della relazione

$$\pi_{F_1, F_2, \dots, F_n}(R)$$

### ➤ Funzioni di aggregazione e raggruppamento

- SUM, AVERAGE, MAXIMUM, e MINIMUM
- Raggruppamento delle tuple in base ai valori di un insieme di attributi

$$\langle \text{grouping attributes} \rangle \mathfrak{S} \langle \text{function list} \rangle (R)$$

Giorgio Giacinto 2011

# Join esterni e Unione esterna

## ➤ Join esterno

- Identico significato dell'analoga operazione SQL
- Left, right, full join

## ➤ Unione esterna

- Quando solo parte degli attributi delle tabelle sono compatibili rispetto all'unione
- Comportamento simile al join esterno completo



# Interrogazioni in Algebra Relazionale

- Mostra nomi e indirizzi di tutti gli impiegati che lavorano per il dipartimento 'Research'

```
RESEARCH_DEPT ←  $\sigma_{Dname='Research'}$ (DEPARTMENT)
RESEARCH_EMPS ← (RESEARCH_DEPT  $\bowtie_{Dnumber=Dno}$  EMPLOYEE)
RESULT ←  $\pi_{Fname, Lname, Address}$ (RESEARCH_EMPS)
```

As a single in-line expression, this query becomes:

```
 $\pi_{Fname, Lname, Address}(\sigma_{Dname='Research'}(DEPARTMENT \bowtie_{Dnumber=Dno} EMPLOYEE))$ 
```

# Interrogazioni in Algebra Relazionale

- Per ogni progetto che si svolge a Stafford mostrare il numero del progetto, il numero del dipartimento che lo controlla, il cognome del direttore del dipartimento, l'indirizzo e la data di nascita

```
STAFFORD_PROJS ←  $\sigma_{Plocation='Stafford'}$ (PROJECT)
CONTR_DEPTS ← (STAFFORD_PROJS  $\bowtie_{Dnum=Dnumber}$  DEPARTMENT)
PROJ_DEPT_MGRS ← (CONTR_DEPTS  $\bowtie_{Mgr\_ssn=Ssn}$  EMPLOYEE)
RESULT ←  $\pi_{Pnumber, Dnum, Lname, Address, Bdate}$ (PROJ_DEPT_MGRS)
```

# Interrogazioni in Algebra Relazionale

- Mostra i nomi degli impiegati che lavorano su tutti i progetti controllati dal dipartimento n. 5.

```
DEPT5_PROJS ←  $\rho_{(Pno)}(\pi_{Pnumber}(\sigma_{Dnum=5}(\text{PROJECT})))$ 
EMP_PROJ ←  $\rho_{(Ssn, Pno)}(\pi_{Essn, Pno}(\text{WORKS\_ON}))$ 
RESULT_EMP_SSNS ← EMP_PROJ  $\div$  DEPT5_PROJS
RESULT ←  $\pi_{Lname, Fname}$ (RESULT_EMP_SSNS  $\times$  EMPLOYEE)
```



# Interrogazioni in Algebra Relazionale

- Mostra i nomi degli impiegati che non hanno persone a carico

```

ALL_EMPS  $\leftarrow \pi_{Ssn}(EMPLOYEE)$ 
EMPS_WITH_DEPS(Ssn)  $\leftarrow \pi_{Essn}(DEPENDENT)$ 
EMPS_WITHOUT_DEPS  $\leftarrow (ALL\_EMPS - EMPS\_WITH\_DEPS)$ 
RESULT  $\leftarrow \pi_{Lname, Fname}(EMPS\_WITHOUT\_DEPS * EMPLOYEE)$ 

```

# Interrogazioni in Algebra Relazionale

- Mostra i nomi dei direttori di dipartimento che hanno almeno una persona a carico.

```

MGRS(Ssn)  $\leftarrow \pi_{Mgr\_ssn}(DEPARTMENT)$ 
EMPS_WITH_DEPS(Ssn)  $\leftarrow \pi_{Essn}(DEPENDENT)$ 
MGRS_WITH_DEPS  $\leftarrow (MGRS \cap EMPS\_WITH\_DEPS)$ 
RESULT  $\leftarrow \pi_{Lname, Fname}(MGRS\_WITH\_DEPS * EMPLOYEE)$ 

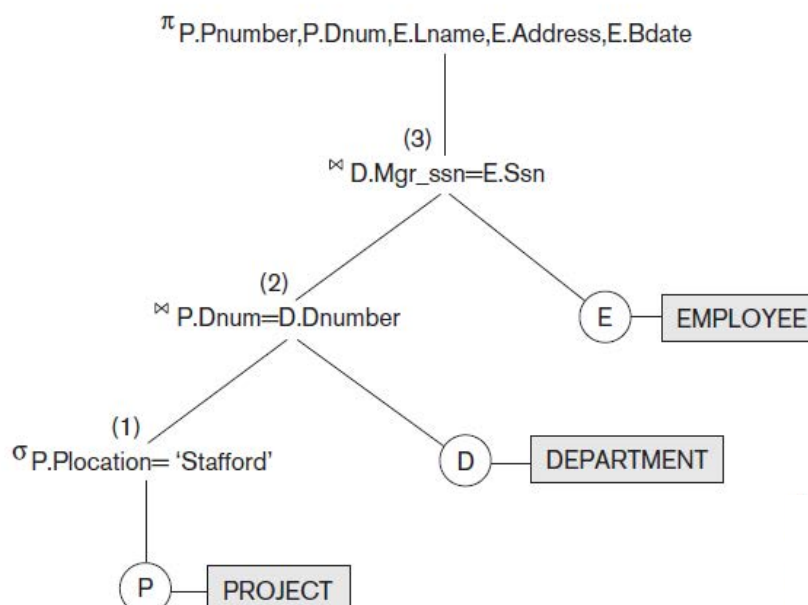
```

# Alberi di interrogazione

- Le relazioni di ingresso di una interrogazione sono rappresentate come foglie dell'albero
- Le operazioni dell'algebra relazionale sono rappresentate come nodi interni

Giorgio Giacinto 2011

## Esempio I2



Giorgio Giacinto 2011