Bases de Datos

Costo de operaciones básicas y planes de ejecución de consulta

Costo de Operaciones

Producto cartesiano:

$R \times S \rightarrow$

```
R = {1, 2};
S = {2, 4};

R × S = { (1,2), (1,4), (2,2), (2,4) }
```

Algoritmo de un paso (*one-pass*):

Fase 1

- Usamos M-1 buffers para colocar la relación más pequeña en memoria

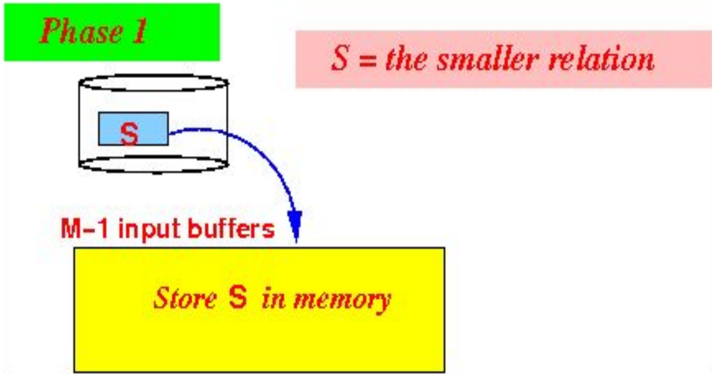
Fase 2

- Usamos 1 buffer para leer la relación más grande, un bloque a la vez

Costo de Operaciones
Producto cartesiano

Fase 1

- Usamos M-1 buffers para colocar la relación más pequeña en memoria

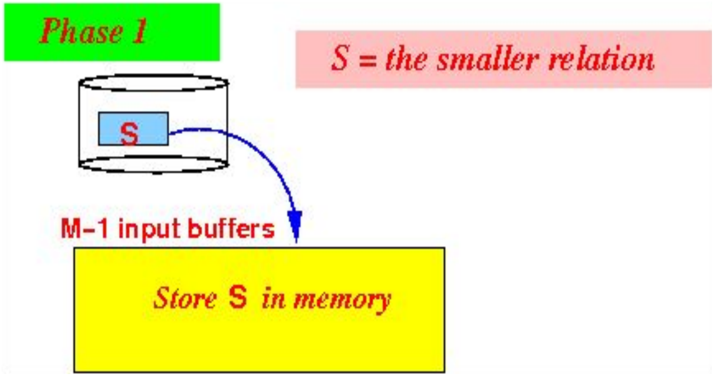


Costo de Operaciones

Producto cartesiano

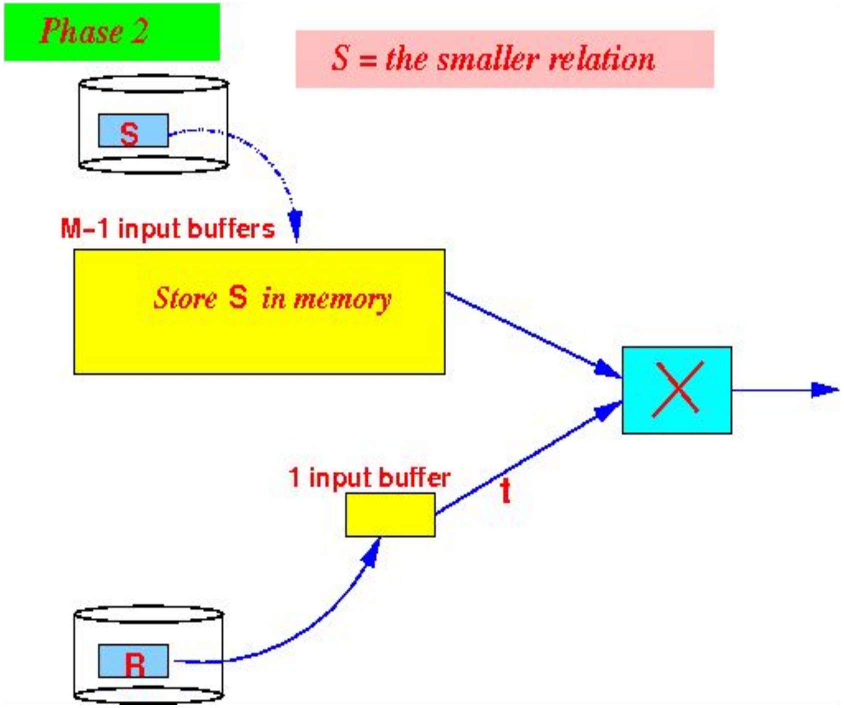
Fase 1

- Usamos M-1 buffers para colocar la relación más pequeña en memoria



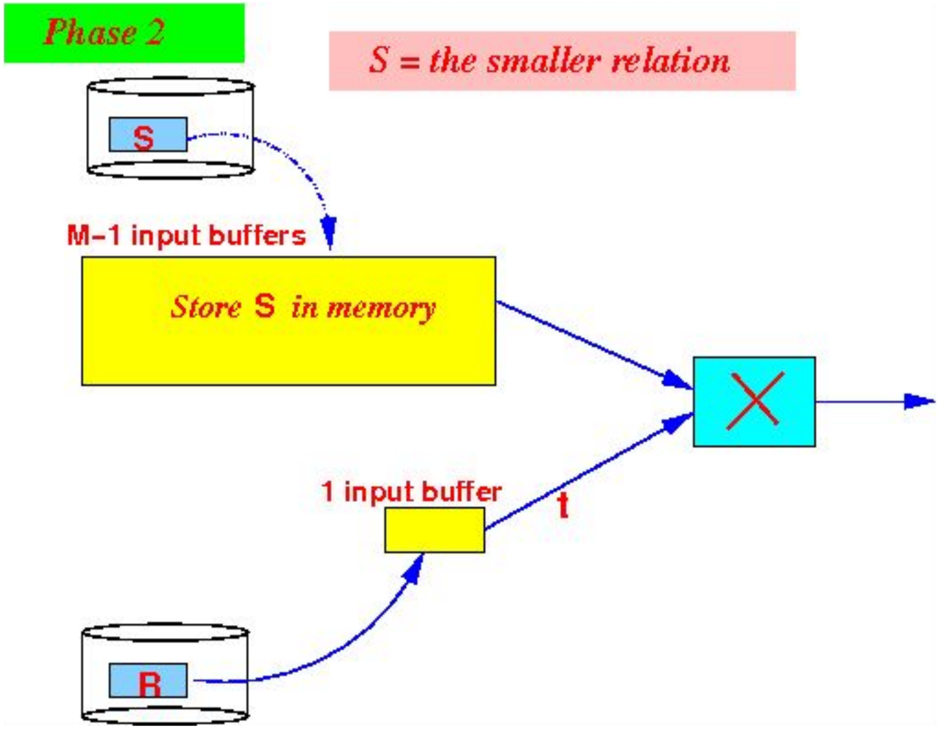
Fase 2

- Usamos 1 buffer para leer la relación más grande, un bloque a la vez



Costo de Operaciones

Producto cartesiano



Costo en la entrada del pipe:

- $\text{Cost(one-pass} \times) = B(R) + B(S)$

Memoria:

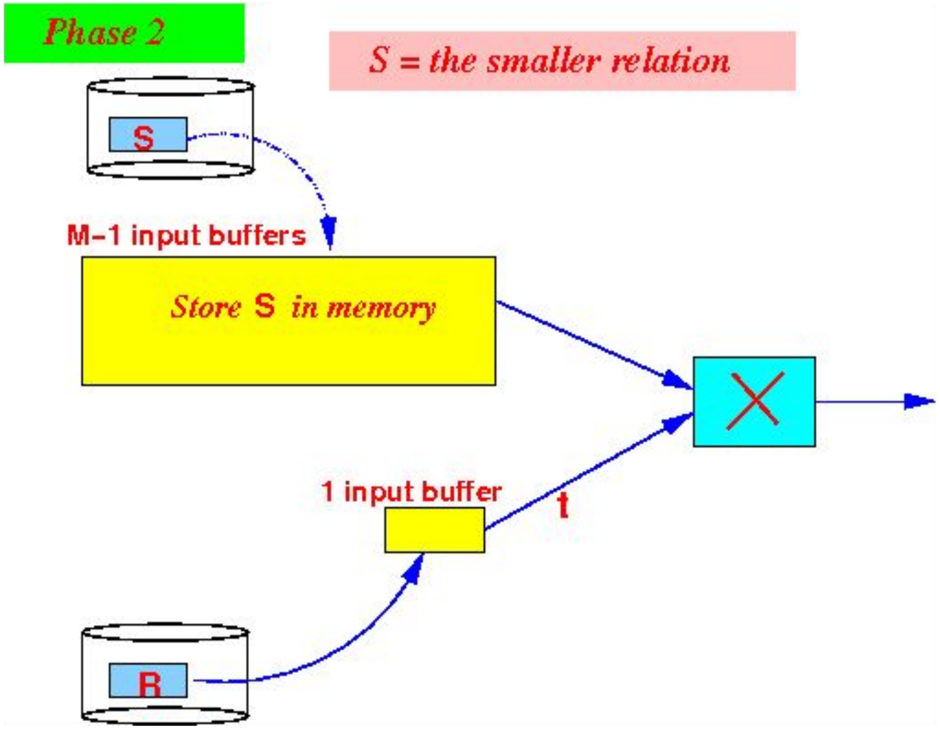
- $M(\text{one-pass} \times) \geq B(S) + 1$

Costo en la salida del pipe:

- $\text{Cost(one-pass} \times) = B(R) \times B(S)$

Costo de Operaciones

Producto cartesiano



Costo en la entrada del pipe:

- Cost(one-pass ×) = B(R) + B(S)

Memoria:

- M(one-pass ×) ≥ B(S) + 1

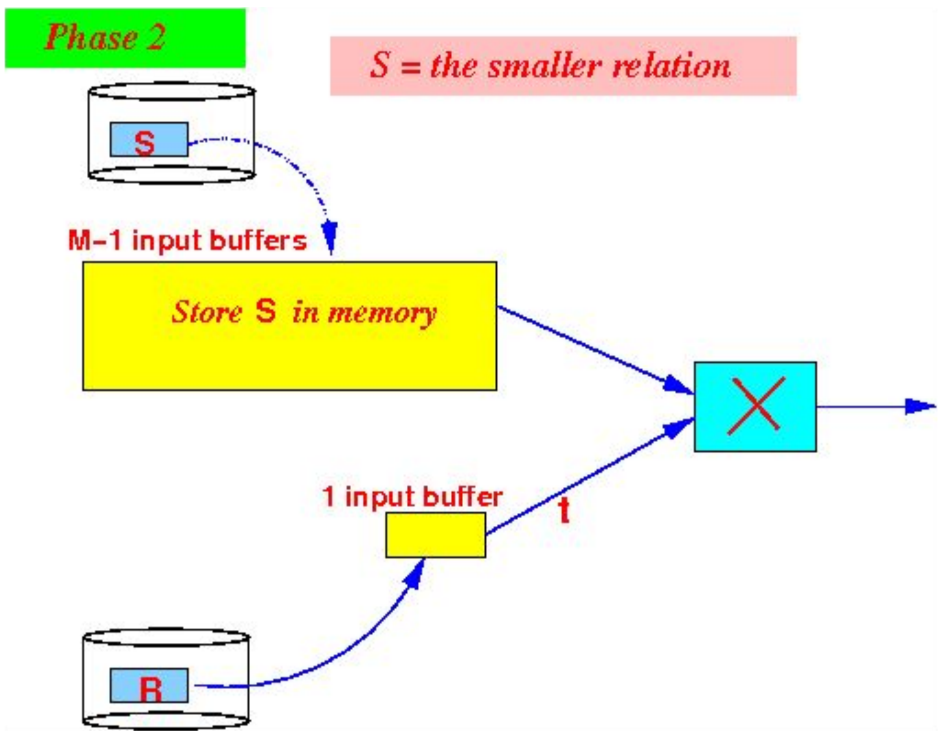
Costo en la salida del pipe:

- Cost(one-pass ×) = B(R) × B(S)

Asumiendo que son relaciones clusterizadas

Costo de Operaciones

Producto cartesiano



Costo en la entrada del pipe:

▪ **Cost(one-pass ×) = B(R) + B(S)**

Memoria:

▪ **M(one-pass ×) ≥ B(S) + 1**

Costo en la salida del pipe:

▪ **Cost(one-pass ×) = B(R) × B(S)**

Asumiendo que son relaciones clusterizadas

¿Qué hacer si los archivos no están clusterizados?

Costo de Operaciones

Join:

$R \bowtie_{cond} S$ →

```
R = R( name, dno )
S = S( dnumber, dname )

R = { (john, 1), (jane, 4) };
S = { (1, Research), (4, Payroll) };
```

$R \bowtie_{dno=dnumber} S$ `= { (john, 1, 1, Research), (jane, 4, 4, Payroll) }`

Algoritmo de un paso (*one-pass*):

Fase 1

- Construímos una estructura sobre la relación más pequeña. Usamos 1 buffer para leerla, un bloque a la vez, y M-1 buffers para almacenar la estructura

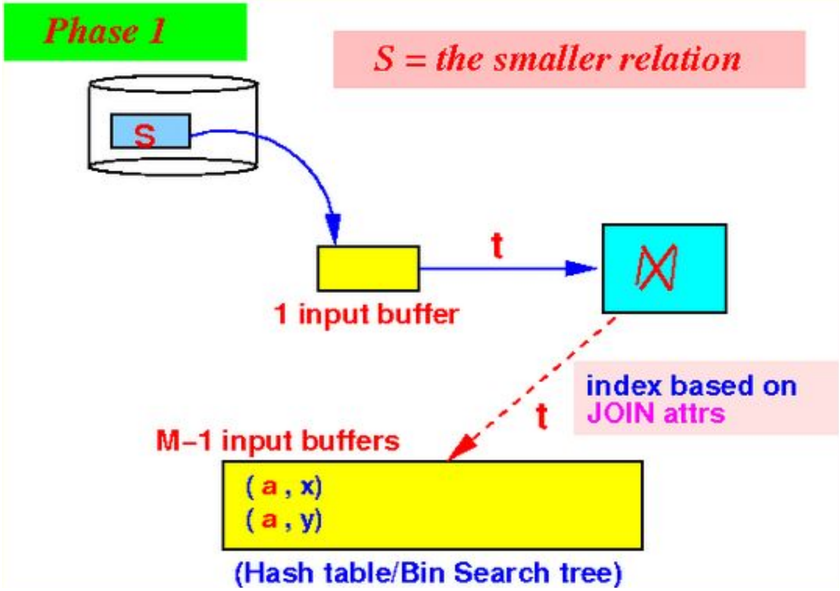
Fase 2

- Usamos 1 buffer para leer R (relación más grande), un bloque a la vez, y usamos el índice para buscar cada tupla de R en S **según el atributo del join**

Costo de Operaciones
Join

Fase 1

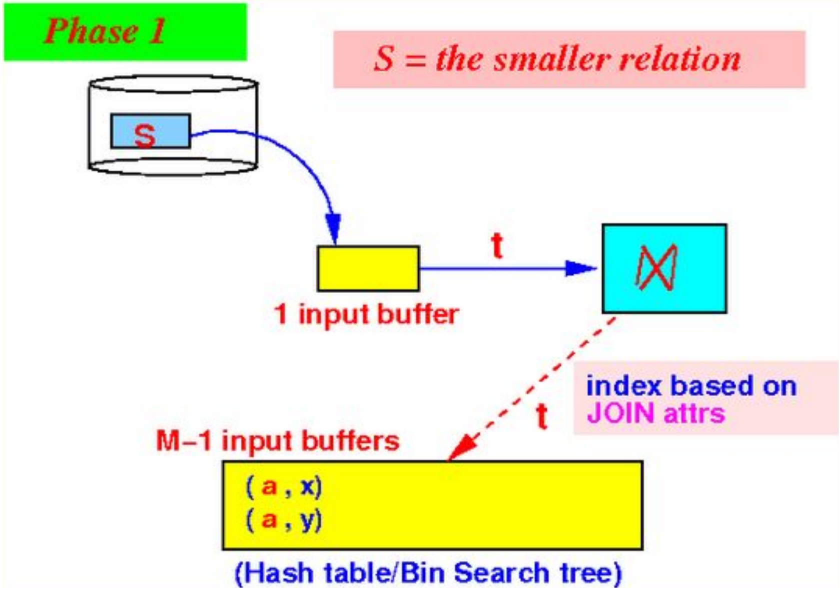
- Construímos una estructura sobre la relación más pequeña. Usamos 1 buffer para leerla, un bloque a la vez, y M-1 buffers para almacenar la estructura



Costo de Operaciones
Join

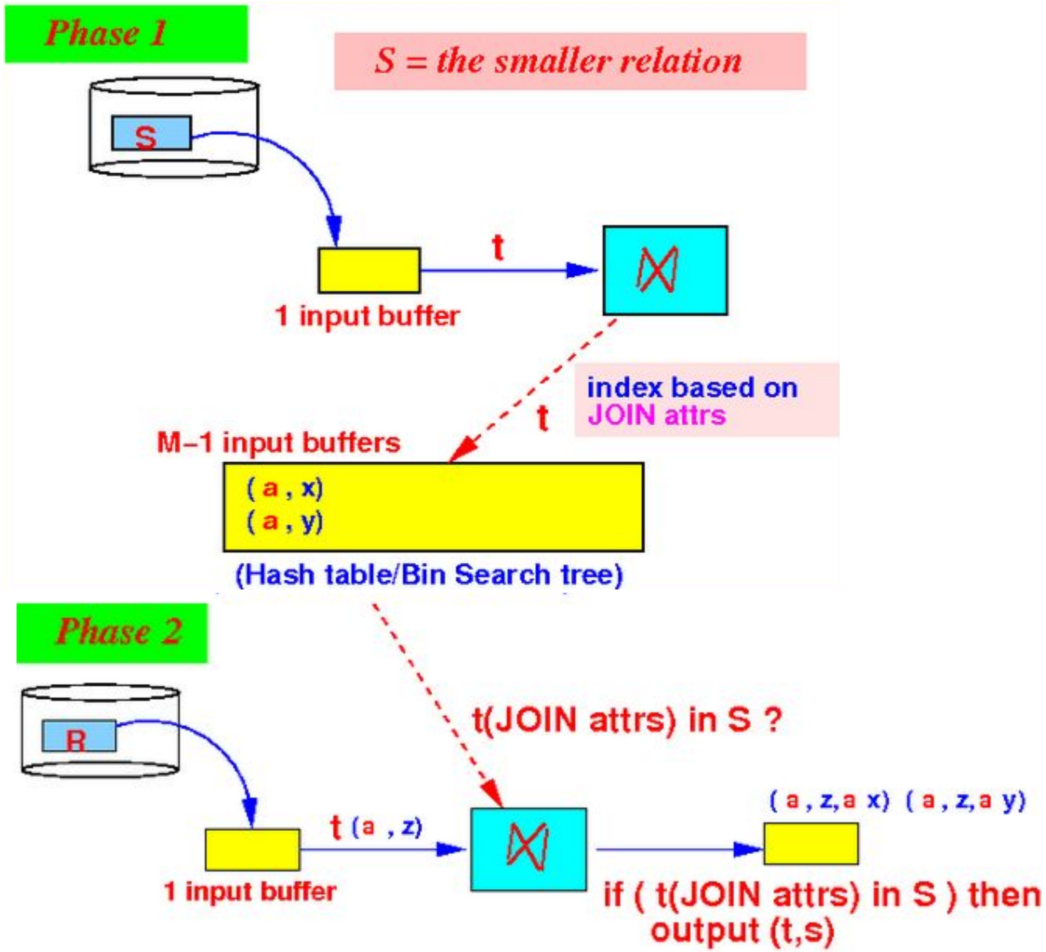
Fase 1

- Construímos una estructura sobre la relación más pequeña. Usamos 1 buffer para leerla, un bloque a la vez, y M-1 buffers para almacenar la estructura



a es la clave del índice

Costo de Operaciones
Join



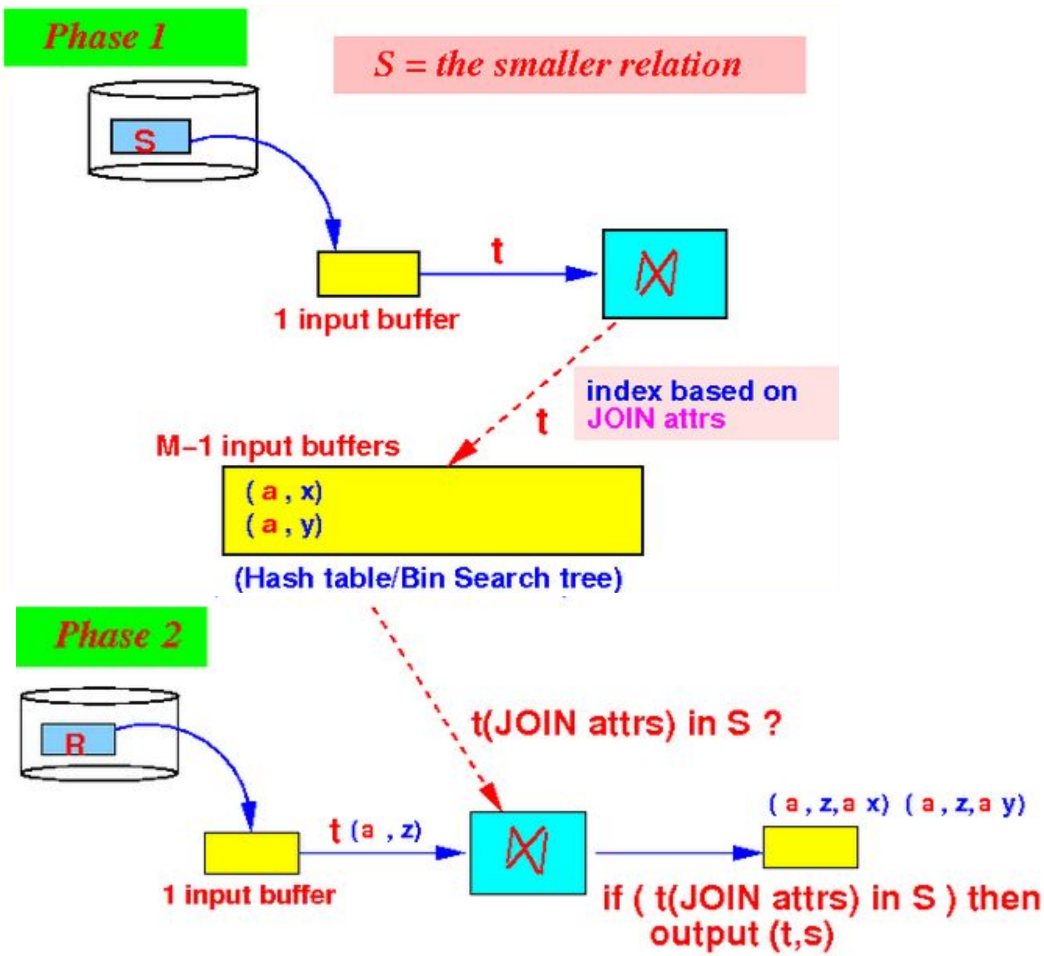
Fase 1

- Construímos una estructura sobre la relación más pequeña. Usamos 1 buffer para leerla, un bloque a la vez, y M-1 buffers para almacenar la estructura

Fase 2

- Usamos un buffer para leer R (relación más grande), un bloque a la vez, y usamos el índice para buscar cada tupla de R en S **según el atributo del join**

Costo de Operaciones



Costo en la entrada del pipe:

$$B(R) + B(S)$$

Memoria:

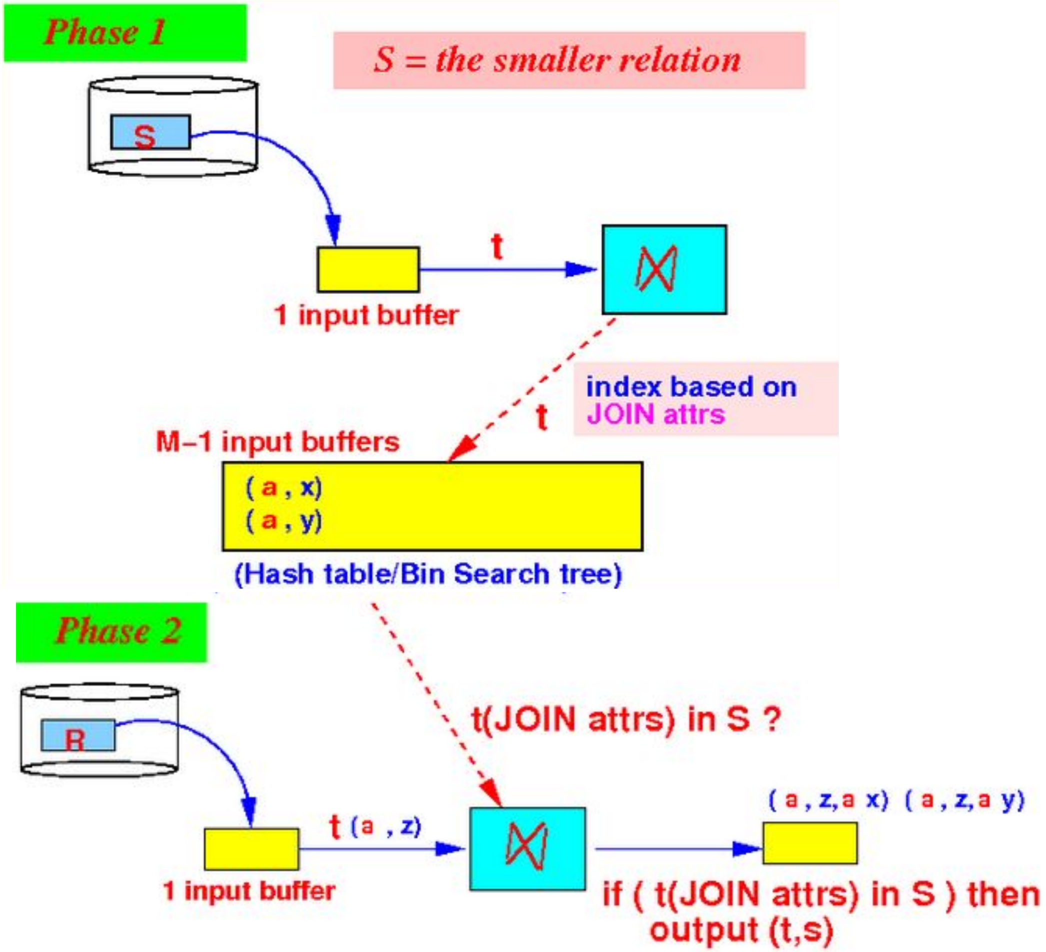
$$M \geq B(S) + 1 \text{ buffer}$$

Costo en la salida del pipe:

$$\frac{B(R) \times B(S)}{Max\{V(R,a),V(S,a)\}}$$

#valores que **a** puede tomar

Costo de Operaciones



Costo en la entrada del pipe:

$$B(R) + B(S)$$

Memoria:

$$M \geq B(S) + 1 \text{ buffer}$$

Costo en la salida del pipe:

$$\frac{B(R) \times B(S)}{Max\{V(R,a),V(S,a)\}}$$

#valores que **a** puede tomar

Si la relación R no está clusterizada, reemplazar B( ) por T( )

Costo de plan de consulta

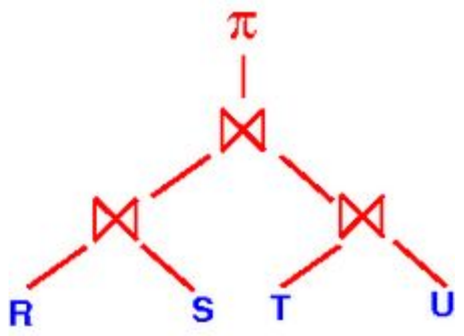
Cómo estimar el costo de un plan de consulta?

Qué factores determinan el costo de un plan de consulta?

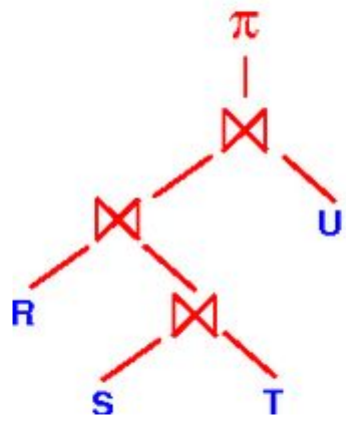
Costo de plan de consulta

¿Cuál de estos planes parecer ser mejor?

Plan 1



Plan 2

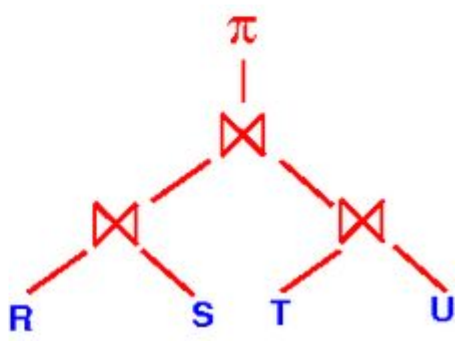


Costo de plan de consulta

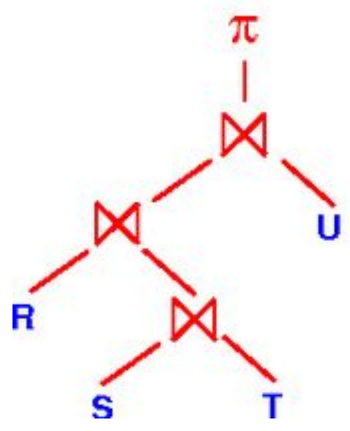
¿Cuál de estos planes parecer ser mejor?

El #tuplas accesadas por el plan es proporcional al costo del plan

Plan 1



Plan 2

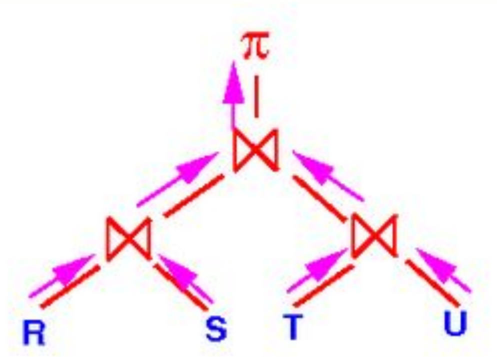


Costo de plan de consulta

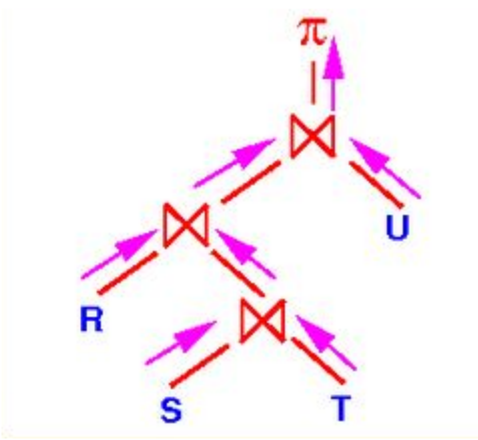
¿Cuál de estos planes parecer ser mejor?

El #tuplas accesadas por el plan es proporcional al costo del plan

Plan 1



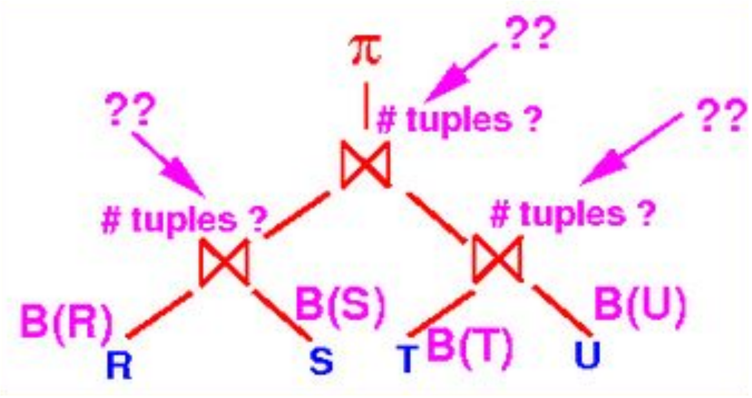
Plan 2



Costo de plan de consulta

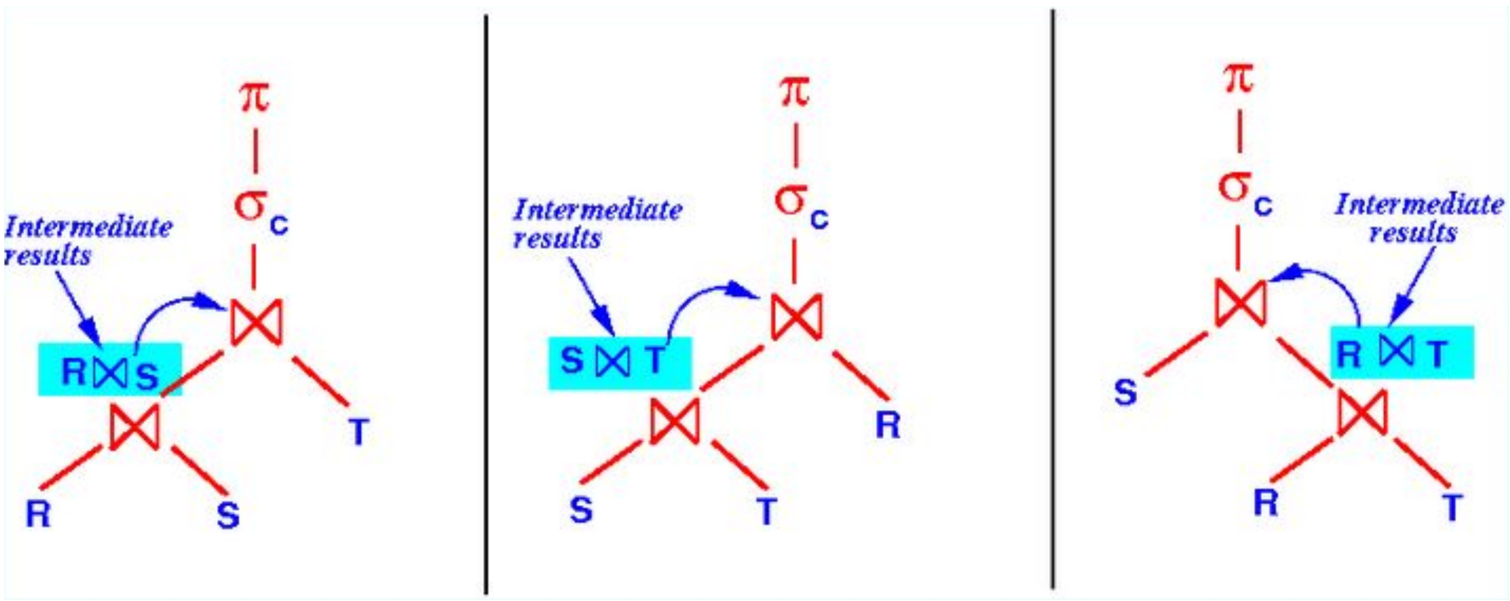
El #tuplas accesadas por el plan es proporcional al costo del plan

- El tamaño de las entradas y del resultado **es el mismo** para planes distintos
- Por lo tanto, sólo necesitamos estimar el tamaño de los **resultados intermedios**



Costo de plan de consulta

El costo de dos planes **sólo** difiere en los resultados intermedios



Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Proyección:

```
T( π(R) ) = T(R)

                  size(project attrs)
B( π(R) ) ~= -------------------- × B(R)
                     size(tuple)
```

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

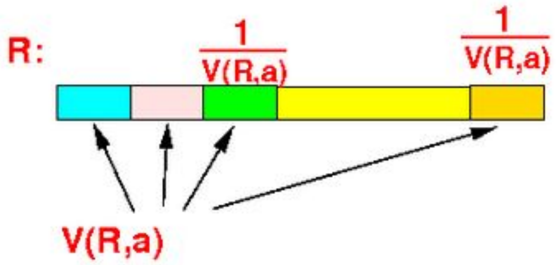
Proyección:

$$T(\pi(R)) = T(R)$$

$$B(\pi(R)) \sim= \frac{size(project\ attrs)}{size(tuple)} \times B(R)$$

Selección:

$$S = \sigma_{A=c}(R)$$



$$T(S) \sim= \frac{1}{V(R,a)} \times T(R)$$

$$B(S) \sim= \frac{1}{V(R,a)} \times B(R)$$

→ Tamaño esperado de un fragmento

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Selección:

$$S = \sigma_{A \neq c}(R)$$

$$\sigma_{A \neq c}(R) \cup \sigma_{A = c}(R) = R$$

$$\Longleftrightarrow \quad \sigma_{A \neq c}(R) = R - \sigma_{A = c}(R)$$

$$T(S) \sim= T(R) \times \left(1 - \frac{1}{V(R,a)}\right)$$

$$B(S) \sim= B(R) \times \left(1 - \frac{1}{V(R,a)}\right)$$

Tamaño esperado de V(R,a) - 1 fragmentos

En general, el costo de negar f es 1- f

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Selección: $S = \sigma_{A \neq c}(R)$

$$\sigma_{A \neq c}(R) \cup \sigma_{A = c}(R) = R$$

$$\Longleftrightarrow \sigma_{A \neq c}(R) = R - \sigma_{A = c}(R)$$

$$T(S) \approx T(R) \times \left(1 - \frac{1}{V(R,a)}\right)$$

$$B(S) \approx B(R) \times \left(1 - \frac{1}{V(R,a)}\right)$$

Tamaño esperado de V(R,a) - 1 fragmentos

En general, el costo de negar f es 1- f

Selección: $S = \sigma_{A < c}(R)$

$$T(S) \approx \frac{1}{3} \times T(R)$$

$$B(S) \approx \frac{1}{3} \times B(R)$$

En promedio recorreremos ⅓ del archivo

En algunos análisis se usa ½ en lugar de ⅓ (no hay consenso)

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Selección: $S = \sigma_{C1 \text{ and } C2}(R)$

$$S = \sigma_{C1 \text{ and } C2}(R)$$
$$= \sigma_{C1}(\sigma_{C2}(R))$$

$$T(S) = f_1 \times f_2 \; T(R)$$

$$B(S) = f_1 \times f_2 \; B(R)$$

Asumiendo C1 y C2 independientes

Estimación
Tamaño de resultados intermedios

Selección: $S = \sigma_{C1 \text{ and } C2}(R)$

$$S = \sigma_{C1 \text{ and } C2}(R)$$
$$= \sigma_{C1}(\sigma_{C2}(R))$$

$$T(S) = f_1 \times f_2 \; T(R)$$
$$B(S) = f_1 \times f_2 \; B(R)$$

Asumiendo C1 y C2 independientes

Ejemplo:

- $S = \sigma_{b=10 \text{ and } a<20}(R)$

$V(R,a) = 50$

$S1 = \sigma_{b=10}(R) \rightarrow T(S1) \sim= 1/50 \times T(R)$

$S2 = \sigma_{a<20}(R) \rightarrow T(S2) \sim= 1/3 \times T(R)$

Then:

$$T(S) = (1/50) \times (1/3) \times T(R)$$
$$= 1/150 \times T(R)$$

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Selección: $S = \sigma_{C1 \text{ and } C2}(R)$

```
S = σC1 and C2(R)
  = σC1 ( σC2(R) )
```

Asumiendo C1 y C2 independientes

```
T(S) = f1 × f2 T(R)

B(S) = f1 × f2 B(R)
```

Ejemplo:

- $S = \sigma_{b=10 \text{ and } a<20}(R)$

  $V(R,a) = 50$

V(R,b) = 50, corregir!

```
S1 = σb=10(R)    →    T(S1) ~= 1/50 × T(R)
S2 = σa<20(R)    →    T(S2) ~= 1/3 × T(R)
```

```
Then:

  T(S) = (1/50) × (1/3) × T(R)
       = 1/150 × T(R)
```

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Selección: $S = \sigma_{C1 \text{ and } C2}(R)$

$$S = \sigma_{C1 \text{ and } C2}(R) = \sigma_{C1}(\sigma_{C2}(R))$$

$$T(S) = f_1 \times f_2 \; T(R)$$

$$B(S) = f_1 \times f_2 \; B(R)$$

Asumiendo C1 y C2 independientes

Ejemplo:

- $S = \sigma_{b=10 \text{ and } a<20}(R)$

$V(R,a) = 50$

$S1 = \sigma_{b=10}(R) \rightarrow T(S1) \sim= 1/50 \times T(R)$

$S2 = \sigma_{a<20}(R) \rightarrow T(S2) \sim= 1/3 \times T(R)$

Then:

$$T(S) = (1/50) \times (1/3) \times T(R) = 1/150 \times T(R)$$

A veces las condiciones **no** son independientes:

$S = \sigma_{a=10 \text{ and } a>20}(R) \longrightarrow T(S) = 0$!!!

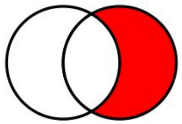
Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Selección: $S = \sigma_{C1 \text{ or } C2}(R)$

$$\sigma_{C1 \text{ or } C2}(R) \cup \sigma_{\neg(C1 \text{ or } C2)}(R) = R$$

$$\sigma_{C1 \text{ or } C2}(R) = R - \sigma_{\neg(C1 \text{ or } C2)}(R)$$
$$= R - \sigma_{(\neg C1)\text{and}(\neg C2)}(R)$$



Todas las combinaciones de C1 y C2 producen R

$$T(\sigma_{C1 \text{ or } C2}(R)) = T(R) - (1-f_1)(1-f_2) \times T(R)$$
$$= (1 - (1-f_1)(1-f_2)) \times T(R)$$

El costo de negar f es 1- f

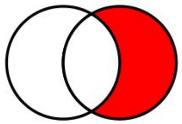
Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Selección: $S = \sigma_{C1 \text{ or } C2}(R)$

$$\sigma_{C1 \text{ or } C2}(R) \cup \sigma_{\neg(C1 \text{ or } C2)}(R) = R$$

$$\sigma_{C1 \text{ or } C2}(R) = R - \sigma_{\neg(C1 \text{ or } C2)}(R) = R - \sigma_{(\neg C1)\text{and}(\neg C2)}(R)$$



Todas las combinaciones de C1 y C2 producen R

$$T(\sigma_{C1 \text{ or } C2}(R)) = T(R) - (1-f_1)(1-f_2) \times T(R) = (1 - (1-f_1)(1-f_2)) \times T(R)$$

El costo de negar f es 1- f

Ejemplo:

- $S = \sigma_{a=10 \text{ or } a<20}(R)$ $V(R,a) = 50$

$S1 = \sigma_{a=10}(R) \rightarrow T(S1) \sim= 1/50 \times T(R)$

$S2 = \sigma_{a<20}(R) \rightarrow T(S2) \sim= 1/3 \times T(R)$

Then:

$T(S) = (1 - (1 - 1/50)(1 - 1/3)) \times T(R)$

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$ $\longrightarrow$ Y tiene cardinalidad 1

¿Cuán probable es que R(Y)=S(Y)?

Estimación

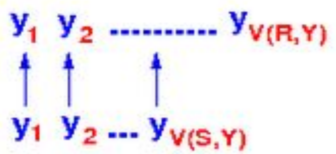
Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$ → Y tiene cardinalidad 1

¿Cuán probable es que R(Y)=S(Y)?

Caso 1: $V(R,Y) \geq V(S,Y)$ → asumiendo contención →



Estimación

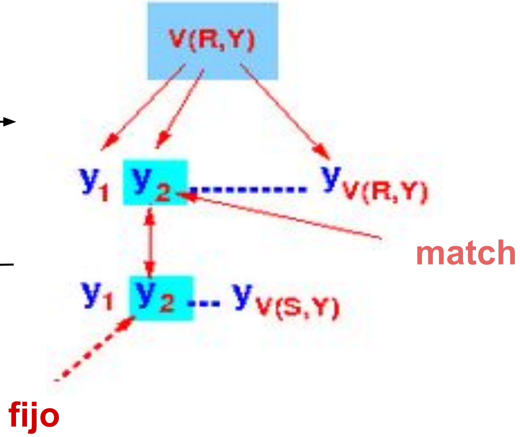
Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$ ⟶ Y tiene cardinalidad 1

¿Cuán probable es que R(Y)=S(Y)?

Caso 1: $V(R,Y) \geq V(S,Y)$ ⟶ asumiendo contención ⟶



$$\text{Probab}[\ r(Y) = s(Y)\ ] = \frac{1}{V(R,Y)}$$

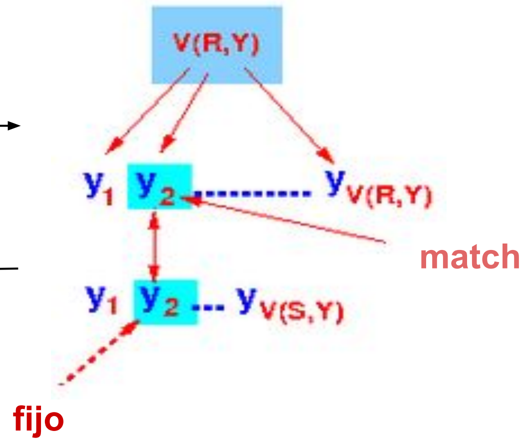
Estimación
Tamaño de resultados intermedios

Join:

▪ $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$ ⟶ Y tiene cardinalidad 1

¿Cuán probable es que R(Y)=S(Y)?

Caso 1: $V(R,Y) \geq V(S,Y)$ ⟶ asumiendo contención ⟶



$$\text{Probab}[\ r(Y) = s(Y)\ ] = \frac{1}{V(R,Y)}$$

Caso 2: $V(S,Y) \geq V(R,Y)$ ⟶

$$\text{Probab}[\ r(Y) = s(Y)\ ] = \frac{1}{V(S,Y)}$$

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$

¿Cuán probable es que R(Y)=S(Y)?

Caso 1:

$V(R,Y) \geq V(S,Y)$ $\longrightarrow$ $\text{Probab}[\ r(Y) = s(Y)\ ] = \dfrac{1}{V(R,Y)}$

Caso 2:

$V(S,Y) \geq V(R,Y)$ $\longrightarrow$ $\text{Probab}[\ r(Y) = s(Y)\ ] = \dfrac{1}{V(S,Y)}$

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$

¿Cómo consideramos ambos casos?

¿Cuán probable es que R(Y)=S(Y)?

Caso 1:

$V(R,Y) \geq V(S,Y) \longrightarrow$

$$\text{Probab}[\ r(Y) = s(Y)\ ] = \frac{1}{V(R,Y)}$$

Caso 2:

$V(S,Y) \geq V(R,Y) \longrightarrow$

$$\text{Probab}[\ r(Y) = s(Y)\ ] = \frac{1}{V(S,Y)}$$

¿Cuántos posibles *matches* hay?

¿Cuál es el tamaño esperado del join?

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$

¿Cuán probable es que R(Y)=S(Y)?

Caso 1:

$V(R,Y) \geq V(S,Y) \longrightarrow$

```
                          1
Probab[ r(Y) = s(Y) ] = ------
                        V(R,Y)
```

Caso 2:

$V(S,Y) \geq V(R,Y) \longrightarrow$

```
                          1
Probab[ r(Y) = s(Y) ] = ------
                        V(S,Y)
```

¿Cómo consideramos ambos casos?

El costo lo domina el de máxima fragmentación (peor caso)

```
max( V(R,Y), V(S,Y) )
```

¿Cuántos posibles *matches* hay?

```
T(R) × T(S)
```

¿Cuál es el tamaño esperado del join?

```
                               T(R) × T(S)
T( R(X,Y) ⋈ S(Y,Z) )  ~=  ----------------------
                          max( V(R,Y), V(S,Y) )
```

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$ $\longrightarrow$

$$T(\, R(X,Y) \bowtie S(Y,Z) \,) \approx \frac{T(R) \times T(S)}{\max(\, V(R,Y),\ V(S,Y) \,)}$$

Ejemplo: Dados los datos de la izquierda, estime el tamaño del de los resultados en:

$$R(a,b) \bowtie S(b,c) \bowtie U(c,d) = (\, R(a,b) \bowtie S(b,c) \,) \bowtie U(c,d)$$

R(a,b)	S(b,c)	U(c,d)
T(R) = 1000	T(S) = 2000	T(U) = 5000
V(R,b) = 20	V(S,b) = 50	
	V(S,c) = 100	V(U,c) = 500

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$ →

$$T(\,R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)\,) \approx \frac{T(R) \times T(S)}{\max(\,V(R,Y),\ V(S,Y)\,)}$$

Ejemplo: Dados los datos de la izquierda, estime el tamaño del de los resultados en:

R(a,b)	S(b,c)	U(c,d)
T(R) = 1000	T(S) = 2000	T(U) = 5000
V(R,b) = 20	V(S,b) = 50	
	V(S,c) = 100	V(U,c) = 500

$$R(a,b) \bowtie S(b,c) \bowtie U(c,d) = (\,R(a,b) \bowtie S(b,c)\,) \bowtie U(c,d)$$

$$T(\,R(a,b) \bowtie S(b,c)\,) \approx \frac{T(R) \times T(S)}{\max(\,V(R,b),\ V(S,b)\,)} \approx \frac{1000 \times 2000}{\max(\,20,\ 50\,)} \approx \frac{2{,}000{,}000}{50} \approx 40{,}000$$

→

$$T(\,R \bowtie S \bowtie U\,) \approx \frac{T(\,R(a,b) \bowtie S(b,c)\,) \times T(U)}{\max(\,V(R(a,b) \bowtie S(b,c),c),\ V(U,c)\,)} \approx \frac{40{,}000 \times 5{,}000}{\max(\,100,\ 500\,)} \approx \frac{200{,}000{,}000}{500} \approx 400{,}000$$

Estimación
Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$ →

$$T(\ R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)\ ) \approx \frac{T(R) \times T(S)}{\max(\ V(R,Y),\ V(S,Y)\ )}$$

Ejemplo: Dados los datos de la izquierda, estime el tamaño del de los resultados en:

R(a,b)	S(b,c)	U(c,d)
T(R) = 1000	T(S) = 2000	T(U) = 5000
V(R,b) = 20	V(S,b) = 50	
	V(S,c) = 100	V(U,c) = 500

$$R(a,b) \bowtie S(b,c) \bowtie U(c,d) = (\ R(a,b) \bowtie S(b,c)\ ) \bowtie U(c,d)$$

$$T(\ R(a,b) \bowtie S(b,c)\ ) \approx \frac{T(R) \times T(S)}{\max(\ V(R,b),\ V(S,b)\ )} \approx \frac{1000 \times 2000}{\max(\ 20,\ 50\ )} \approx \frac{2{,}000{,}000}{50} \approx 40{,}000$$

→

$$T(\ R \bowtie S \bowtie U\ ) \approx \frac{T(\ R(a,b) \bowtie S(b,c)\ ) \times T(U)}{\max(\ V(R(a,b) \bowtie S(b,c),c),\ V(U,c)\ )} \approx \frac{40{,}000 \times 5{,}000}{\max(\ 100,\ 500\ )} \approx \frac{200{,}000{,}000}{500} \approx 400{,}000$$

¿Qué ocurre con el tamaño del resultado si evaluamos el join en otro orden?

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Join:

▪ $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$ $\longrightarrow$ $$T(R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)) \approx \frac{T(R) \times T(S)}{\max(V(R,Y), V(S,Y))}$$

Ejemplo: Dados los datos de la izquierda, estime el tamaño del de los resultados en:

$$R(a,b) \bowtie S(b,c) \bowtie U(c,d) = (R(a,b) \bowtie S(b,c)) \bowtie U(c,d)$$

R(a,b)	S(b,c)	U(c,d)
T(R) = 1000	T(S) = 2000	T(U) = 5000
V(R,b) = 20	V(S,b) = 50	
	V(S,c) = 100	V(U,c) = 500

¿Qué ocurre con el tamaño del resultado si evaluamos el join en otro orden?

Estimación

Tamaño de resultados intermedios

Join:

- $W = R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)$ ⟶

$$T(\ R(X,Y) \bowtie S(Y,Z)\ ) \sim= \frac{T(R) \times T(S)}{\max(\ V(R,Y),\ V(S,Y)\ )}$$

Ejemplo: Dados los datos de la izquierda, estime el tamaño del de los resultados en:

$$R(a,b) \bowtie S(b,c) \bowtie U(c,d) = (\ R(a,b) \bowtie S(b,c)\ ) \bowtie U(c,d)$$

R(a,b)	S(b,c)	U(c,d)
T(R) = 1000	T(S) = 2000	T(U) = 5000
V(R,b) = 20	V(S,b) = 50	
	V(S,c) = 100	V(U,c) = 500

El tamaño del resultado es el mismo si se evalúa el join en otro orden, nos interesa el resultado intermedio

Estrategias de Optimización

Objetivo: Minimizar los requerimientos en buffering y memoria

Selection push-down

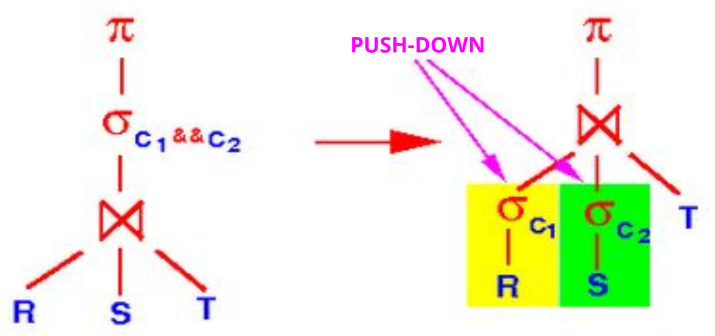
Join reordering

Estrategias de Optimización

Objetivo: Minimizar los requerimientos en buffering y memoria

Selection push-down

Plantear un plan alternativo para que la selección se ejecute lo más cerca de las hojas



Ayuda a que los resultados intermedios sean más pequeños

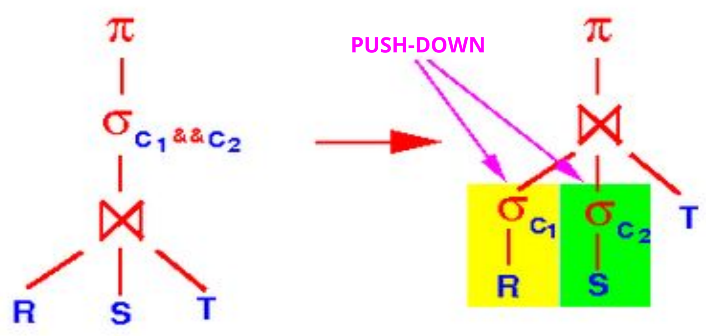
Join reordering

Estrategias de Optimización

Objetivo: Minimizar los requerimientos en buffering y memoria

Selection push-down

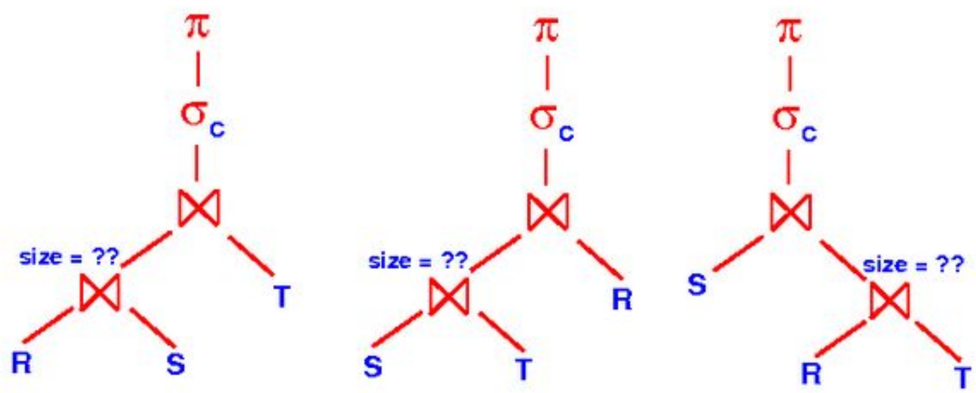
Plantear un plan alternativo para que la selección se ejecute lo más cerca de las hojas



Ayuda a que los resultados intermedios sean más pequeños

Join reordering

Plantear un plan alternativo para que los joins se ejecuten en otro orden



Los resultados más pequeños primero

Consultas?

Recuerden!

- **Marcelo Mendoza:** mmendoza@inf.utfsm.cl
- **Margarita Bugueño:** margarita.bugueno@usm.cl

Bases de Datos

Costo de operaciones básicas y planes de ejecución de consulta