

# UNIDAD 2: MODELO DE MAPEO Y REDUCCIÓN

## MODELO COSTO-COMUNICACIÓN

---

Gibran Fuentes-Pineda

Diapositivas basadas en las de la M. en C. Blanca Vázquez

Marzo 2021

- De manera general, el rendimiento de un algoritmo puede ser descrito en los siguientes costos
  - Tiempo: ¿cuánto tiempo lleva en ejecutar una tarea? *entre menos tiempo es mejor*
  - Espacio: ¿cuánta memoria usa? *entre menos espacio es mejor*
  - Energía: ¿cuánta energía usa? *entre menos energía es mejor*

- Para un algoritmo dado, el objetivo es encontrar las siguientes funciones:
  - $T(n)$ : el costo del tiempo para resolver el problema
  - $S(n)$ : el costo del espacio para resolver el problema
  - $E(n)$ : el costo de la energía para resolver el problema

# COSTOS EN EL MODELO DE MAPEO Y REDUCCIÓN (1)

## 1. Costo de cómputo

- Trabajos de mapeo
- Trabajos de reducción
- Sistema: ordenar pares por llave y mezclarlos en tareas de reducción

## 2. Costo de comunicación

- Transmisión de los pares llave-valor de los nodos de mapeo a los de reducción
- En las tareas de mapeo usualmente no se incurre en costos de comunicación, ya que se busca llevarlas a cabo en el mismo nodo donde se encuentran los datos, aunque se puede incurrir en costos de lectura de los datos de disco

## COSTOS EN EL MODELO DE MAPEO Y REDUCCIÓN (2)

- En un escenario común
  - El costo de comunicación domina al de cómputo
  - El costo de los trabajos de mapeo es una pequeña fracción del costo de comunicación
  - El costo que incurre el sistema por el ordenamiento es proporcional al costo de comunicación
- En los servicios de la nube (por ej. EC2) se paga tanto por el cómputo como por la comunicación, por lo que es importante tener un balance de ambos en el diseño de los algoritmos

# MODELO DE COSTO DE COMUNICACIÓN

- El costo de comunicación de una tarea es el tamaño de su entrada
- El costo de comunicación de un algoritmo es la suma de los costos de todas las tareas que requiere
- Mide la eficiencia de un algoritmo basado en su costo de comunicación
  - El cómputo que realiza cada tarea es usualmente muy simple y con complejidad lineal en el tamaño de la entrada
  - Transmitir una entrada sobre la red puede ser muy lento y requerir tiempo para poder recibirla de otros nodos debido al tráfico en la red
  - Incluso cuando la tarea se ejecuta en el mismo nodo donde están las entradas, es necesario leerlos de disco y esto puede ser más costoso que el cómputo que se realiza sobre las mismas

## PROBLEMA DE EJEMPLO: UNIÓN DE DOS RELACIONES

- Problema:  $R(A, B) \bowtie S(B, C)$ 
  - Las tareas de mapeo tienen fragmentos de cualquier de las dos
- Función de mapeo
  - Recibe tupla  $t$  de  $R$  o  $S$
  - Produce par llave-valor
- Función de reducción
  - Recibe llave con lista de valores, la cual puede contener la tupla de  $R$ , la de  $S$  o ambas
  - Identifica tuplas que son de  $R$  de aquellas que son de  $S$  y las empareja
  - Produce par  $(t, t)$

## COSTO DE COMUNICACIÓN DE LA UNIÓN DE DOS RELACIONES: MAPEO

- Supongamos que los tamaños de  $R$  y  $S$  son  $r$  y  $s$
- La entrada a las tareas de mapeo es un fragmento de los archivos que contienen a  $R$  o a  $S$
- La suma del costo de comunicación de cada tarea de mapeo es  $r + s$
- El costo de comunicación del mapeo es  $O(r + s)$



## COSTO DE COMUNICACIÓN DE LA UNIÓN DE DOS RELACIONES: REDUCCIÓN

- La reducción se aplica a uno o más atributos de  $B$
- Cada reducer takes the inputs it receives and divides them between tuples that came from  $R$  and those that came from  $S$ .
- Cada tupla de  $R$  se empareja con cada tupla de  $S$  para producir una salida.
- El tamaño de la salida puede ser mayor o menor a  $r + s$ , dependiendo de qué tanto se unan las tuplas

- Al diseñar un algoritmo para un clúster es importante también tomar en cuenta el tiempo que toma un algoritmo en ejecutarse en paralelo
- Una posible forma de reducir el costo de comunicación es simplemente asignar todo el trabajo a una sola tarea y el tiempo para llevarse a cabo será muy alto

# COSTO DE COMUNICACIÓN DE UNIONES DE MÚLTIPLES RELACIONES

- **Input:** three tables  
 $R(X, Y), S(Y, Z), T(Z, X)$

$$\text{size}(R) + \text{size}(S) + \text{size}(T) = M$$

- **Output:** compute  
 $Q(x,y,z) = R(x,y) \bowtie S(y,z) \bowtie T(z,x)$

		T	
		Z	X
		Fred	Alice
S	Y	Z	Jim
	Fred	Alice	Jim
R	X	Y	Alice
	Fred	Alice	Jim
	Jack	Jim	Alice
	Fred	Jim	
	Carol	Alice	
	...		

Imagen tomada de Dan Suciu, University of Washington

$M$  = tamaño de datos de entrada en bits

## HACIENDO LA UNIÓN EN DOS PASOS

- Paso 1: calcular primera unión (almacenarlo en *temp*)

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

- Paso 2: calcular una segunda unión

$$Q(X, Y, Z) = temp(X, Y, Z) \bowtie T(Z, X)$$

- Cada unión fue implementada en el modelo mapeo y reducción
  - *temp* puede generar largas relaciones intermedias
  - El tiempo de comunicación y computación transcurrido puede verse afectadas (dependerán del tamaño de *temp*)

- El costo de un algoritmo depende de varias características
  - La semántica del modelo de programación
  - La topología de la red
  - El tipo de datos
  - Protocolos de comunicación