Aprendizaje Automático sobre Grandes Volúmenes de Datos

Clase 11

Pablo Ariel Duboue, PhD

Universidad Nacional de Córdoba,
Facultad de Matemática, Astronomía y Física

Material de lectura

- Clase pasada:
  - Brewer's conjecture and the feasibility of consistent, available, partition-tolerant web services por S Gilbert, N Lynch
    - ACM SIGACT News, 2002
  - CAP twelve years later: How the" rules" have changed por E Brewer
    - Computer, 2012
  - http://en.wikipedia.org/wiki/Fallacies_of_Distributed_Computing
- Ésta clase:
  - Capítulo 6 del Owen et al. (2012)
  - http://www.cs.utah.edu/~jeffp/teaching/cs7960/L17-MR-Matrix+DB
  - Scalable Scientific Computing Algorithms Using MapReduce por Xiang Jingen, Master of Mathematics, CS School, UWaterloo 2013

Preguntas

- ¿Qué tipo de decisiones CAP hace hadoop?
  - Pierde Disponibilidad
- CAP parece más orientado a datos que a cómputo:
  - En realidad los datos se refiere a un cierto "estado global" o compartido
  - Un problema que afecta cualquier tipo de programa con estado (excepto programación funcional perezosa)
    - Bases de datos, sistemas de archivos distribuidos, etc
    - Por eso las bases NoSQL no soportan ACID
- ¿Hay contextos prácticos donde no import Consistencia o Disponibilidad?
  - Falta de consistencia: decoraciones, datos de menor importancia
  - Falta de disponibilidad: proceso por lotes
- Java para pythoneros (lista)
- Preguntas sobre el práctico y su actualización

Recordatorio

- El sitio Web de la materia es http://aprendizajengrande.net
  - Allí está el material del curso (filminas, audio)
- Leer la cuenta de Twitter https://twitter.com/aprendengrande es obligatorio antes de venir a clase
  - Allí encontrarán anuncios como cambios de aula, etc
  - No necesitan tener cuenta de Twitter para ver los anuncios, simplemente visiten la página
- Suscribirse a la lista de mail en aprendizajengrande@librelist.com es optativo
  - Si están suscriptos a la lista no necesitan ver Twitter
- Feedback para alumnos de posgrado es obligatorio y firmado, incluyan si son alumnos de grado, posgrado u oyentes
  - El "resúmen" de la clase puede ser tan sencillo como un listado del título de los temas tratados

Las 8 falacias del cómputo distribuido

- Todo programador comete alguno de estos errores cuando empieza cómputo distribuido (L. Peter Deutsch y otros):
  1. La red es confiable
  2. Hay cero latencia
  3. El ancho de banda es infinito
  4. La red es segura
  5. La topología no cambia
  6. Hay un sólo administrador
  7. El costo de transporte es cero
  8. La red es homogénea

Revisión CAP

- Cuando estamos en un ambiente distribuido, de estas tres características sólo podes escoger dos:
  - Consistencia
  - Disponibilidad (*Availability*)
  - Tolerancia a particiones de la red (*Partition-tolerance*)

Teorema CAP asíncrono

Dado el modelo de cómputo asíncrono, no es posible garantizar Consistencia y Disponibilidad
Demostración:

- por el absurdo, se construye una cadena de ejecución que actualiza un valor v en un nodo y se pierden los mensajes de actualización en el otro
  - cuando se pide el valor de v en el otro nodo, por Disponibilidad el otro nodo tiene que responder y responde con el valor equivocado

Corolario:

- Tampoco se puede garantizar Consistencia y Disponibilidad aún cuando no se pierdan mensajes (pero se puedan demorar lo suficiente como para que se de la construcción por el absurdo del teorema).

Teorema CAP revisitado

- Formalización clásica ignora el concepto de latencia, pero es clave.
  - Durante un time-out, el programa debe decidir:
    1. cancelar la operación (afecta Disponibilidad)
    2. continuar la operación (afecta Consistencia)
  - Continuar re-intentando es elegir Consistencia en vez de Disponiblidad
- También está la cuestión práctica... es posible realmente elegir Consistencia+Disponibilidad? Tarde o temprano la red fallará
  - Interpretación probabilística de C, A y P
- Nuevo énfasis en recuperación después de particiones

Distribución de Matrices Dispersas

- Según el tipo de operación, distribuimos filas o columnas
- Si una fila o columna no entra en un solo nodo, distribuimos franjas de filas o columnas

Multiplicación de una matriz por un vector

$$Ax = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n \\ \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \cdots + a_{mn}x_n \end{bmatrix}$$

http://mathinsight.org/matrix_vector_multiplication

Matriz por vector en MR

- Entrada: Matriz $M = n \times n$, vector $V = n \times 1$
- Salida: Vector $X = M * V$
  - $x_i = \sum_{j=1}^{n} m_{ij} * v_j$
- Map(i, <fila i de M, V >):
  - $(j, m_{ij} * v_j)$
- Reduce($j, m_{ij} * v_j$):
  - $x_i = \sum_{j=1}^{n} m_{ij} v_j$
- Si V no entra en un mapper, distribuir franjas de V a cada mapper

Multiplicación de Matriz por Matriz

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1p} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{np} \end{bmatrix} = \left[\begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ b_{n1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{12} \\ b_{22} \\ \vdots \\ b_{n2} \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} b_{1p} \\ b_{2p} \\ \vdots \\ b_{np} \end{bmatrix} \right]$$

http://mathinsight.org/matrix_vector_multiplication

Matriz por Matriz dispersa

- Una concatenación de los vectores obtenidos de multiplicar las columnas de la segunda matriz por la primera
- La clave recibida en el mapper es una clave compuesta y recibe la fila y la columna sobre la que se está operando
- Map((i,k), <fila i de M, columna k de$B$ >):
  - $((j,k), m_{ij} * n_{jk})$
  - el índice de la columna final es el mismo que el de la columna en al segunda matriz

Multiplicación de Matrices Densas

- División por bloques
- La multiplicación de un bloque por el otro entra en la memoria de cada nodo
- HAMA

Álgebra Relacional

- Para matrices booleanas es posible implementar unión e intersección en MR
- Muy similar al ejemplo de conteo de palabras

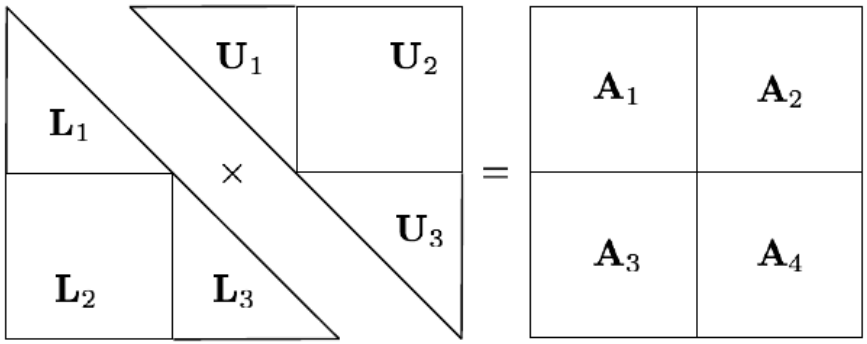
Solución de $Ax = b$

- Dados una matriz A simétrica y definida positiva y un vector B, buscamos un vector x tal que $Ax = b$
- Método del gradiente conjugado:
  - Definimos $f(x) = \frac{1}{2}x^T Ax - b^T x + c$
  - Entonces $f'(x) = \frac{1}{2}A^T x + \frac{1}{2}Ax - b = Ax - b$
  - La ecuación $Ax = b$ tiene un cero en los puntos críticos de la ecuación de arriba
- Usamos el gradiente conjugado para decidir la dirección de búsqueda y una búsqueda lineal para optimizar el tamaño del paso en esa dirección
- Ver paper de HAMA para los detalles

Descomposición LU

- $A = LU$
  - Para mejorar la estabilidad numérica se suele usar una permutación P de A
  - L es triangular inferior, U es triangular superior
- Las matrices triangulares son fáciles de invertir

Descomposición LU en MR



(adaptado de Xiang Jingen, 2013)