



Sviluppo e
sperimentazio-
ne di algoritmi
su grafi in
Pregel e
Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione

MapReduce

Pregel

Algoritmi su
grafi

Test

Conclusioni



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE,
INFORMATICA E STATISTICA

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

Relatore:
Prof. Irene Finocchi

Candidato:
Luigi Piccioli

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce



FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE,
INFORMATICA E STATISTICA

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi
in Pregel e Mapreduce

Relatore:
Prof. Irene Finocchi

Candidato:
Luigi Piccioli

Buongiorno, mi chiamo Luigi Piccioli e mi presento con la tesi dal titolo
"Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce".



Sviluppo e
sperimentazione
di algoritmi
su grafi in
Pregel e
Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione

MapReduce

Pregel

Algoritmi su
grafi

Test

Conclusioni

Obiettivo:

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce.

Organizzazione della presentazione:

- ▶ Il Modello MapReduce.
- ▶ Il Modello Pregel.
- ▶ Algoritmi Sviluppati.
- ▶ Risultati.
- ▶ Conclusioni e sviluppi futuri.

Obiettivo:

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce.

Organizzazione della presentazione:

- Il Modello MapReduce.
- Il Modello Pregel.
- Algoritmi Sviluppati.
- Risultati.
- Conclusioni e sviluppi futuri.

L'obiettivo di questa tesi è per l'appunto quello di sviluppare una serie di algoritmi su grafi sia sul modello Pregel che sul modello MapReduce

La presentazione è suddivisa in cinque sezioni organizzate nel seguente modo:
Le prime due parti dove introdurrò questi due modelli.

Una terza parte in cui verranno introdotti gli algoritmi sviluppati e le implementazioni MapReduce e Pregel.

Una quarta parte in cui sono mostrati i risultati ottenuti dalle sperimentazioni effettuate su un cluster di macchine degli algoritmi realizzati.

Ed infine alcune conclusioni sui risultati ottenuti da questo lavoro.



MapReduce

Sviluppo e
sperimentazione
di algoritmi
su grafi in
Pregel e
Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione

MapReduce

Pregel

Algoritmi su
grafi

Test

Conclusioni

Modello per il calcolo parallelo e distribuito di grandi quantità di dati su cluster composto da:

- ▶ Modello di Programmazione
 - ▶ Map
 - ▶ Reduce
- ▶ Architettura
 - ▶ Gestione delle risorse del cluster
 - ▶ Controllo flusso del programma
 - ▶ Controllo e recupero degli errori

└─ MapReduce

└─ MapReduce

Modello per il calcolo parallelo e distribuito di grandi quantità di dati su cluster composto da:

- Modello di Programmazione
 - Map
 - Reduce
- Architettura
 - Gestione delle risorse del cluster
 - Controllo flusso del programma
 - Controllo e recupero degli errori

MapReduce è un modello per il calcolo parallelo e distribuito di grandi quantità di dati su un cluster di computer.

Il modello definisce sia il modello di programmazione (basato dalle funzioni Map e Reduce) che l'architettura su cui è eseguito un programma MapReduce. In questo modo sono mantenute separate ed indipendenti le componenti implementative dell'algoritmo dal framework che si occupa della Gestione delle risorse del cluster, del controllo dell'esecuzione del flusso del programma, del controllo degli errori e del recupero successivo al guasto di una o più macchine del cluster.



MapReduce - Modello di Programmazione

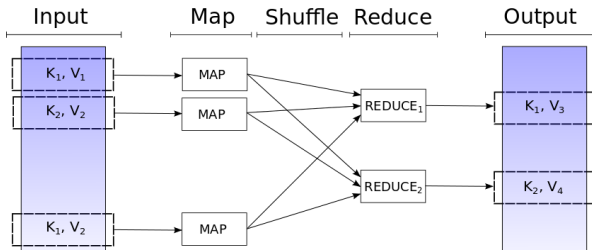
Funzioni base:

► Map

$$MAP(k_{in}, v_{in}) \rightarrow (k_{out}, list(v_{out})) \quad (1)$$

► Reduce

$$REDUCE(k_{in}, list(v_{in})) \rightarrow list(v_{in}) \quad (2)$$



└ MapReduce

└ MapReduce - Modello di Programmazione

Funzioni base:

► Map

$$\text{MAP}(k_{in}, v_{in}) \rightarrow (k_{out}, \text{list}(v_{out})) \quad (1)$$

► Reduce

$$\text{REDUCE}(k_{in}, \text{list}(v_{in})) \rightarrow \text{list}(v_{out}) \quad (2)$$



Un programma MapReduce viene definito dalle funzioni base Map e Reduce.

Una programma MapReduce è composto da tre fasi principali:

- Map
- Shuffle
- Reduce

Nella prima fase, l'input iniziale viene suddiviso e inviato ad un processo che esegue la funzione Map. Questa funzione prende in input una coppia di chiave e valore e restituisce in output una lista di valori associati ad una chiave.

Nella seconda fase agisce, in modo trasparente, la funzione Shuffle che raggruppa i valori in output delle funzioni di Map che condividono la stessa chiave.

Nella terza ed ultima fase viene eseguita la funzione Reduce la quale prende in input una chiave ed una lista di valori e restituisce una serie di valori in output.



MapReduce - Architettura

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione

MapReduce

Pregel

Algoritmi su grafi

Test

Conclusioni

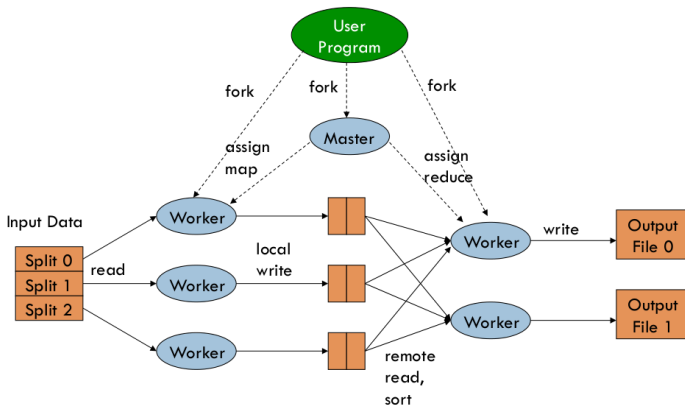


Figura : Architettura MapReduce

└─ MapReduce

└─ MapReduce - Architettura



Figura - Architettura MapReduce

L'architettura MapReduce è di tipo Master/Slave. E' composta da un nodo Master che si occupa della gestione del flusso dei dati e dell'assegnazione dei task a tutti i nodi del cluster chiamati Worker. Il Master assegna ai Worker di volta in volta le funzioni di MAP o le funzioni di REDUCE.

il flusso del programma MapReduce si svolge nel seguente modo :

1. L'input del programma viene suddiviso in N parti distinte aventi la stessa dimensione tramite una funzione di partizione.
2. Le copie del programma vengono distribuite a tutte le macchine del cluster.
3. Il Master controlla quali worker sono disponibili ed assegna loro i task Map e Reduce da svolgere.
4. I Worker che ricevono un task MAP caricano i dati dall'input, leggono le coppie chiave valore e salvano nella memorie locali i risultati intermedi.
5. I risultati salvati localmente vengono ripartiti utilizzando la funzione di partizione.
6. Il nodo Master riceve la posizione dei risultati partizionati e la



MapReduce - Esempio

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione

MapReduce

Pregel

Algoritmi su grafi

Test

Conclusioni

Calcolo grado vertici del grafo

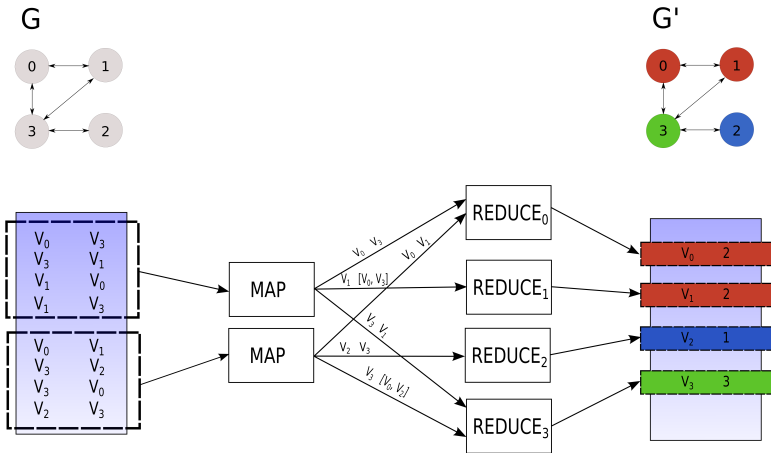


Figura : Esempio MapReduce - Grado dei vertici del grafo

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

└ MapReduce

└ MapReduce - Esempio

MapReduce - Esempio

Calcolo grado vertici del grafo

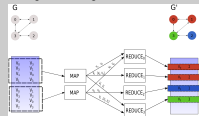


Figura: Esempio MapReduce - Grado dei vertici del grafo

Un esempio di implementazione di un programma MapReduce su grafi e il calcolo del grado dei vertici che compongono il grafo.

L'input, formato di lista archi del grafo, viene suddiviso e associato ad un Mapper che restituisce per ogni nodo la lista dei vertici vicini.

Ogni reduce riceve in input un nodo e la lista di tutti ad esso nodi adiacenti, li conta e restituisce in output il risultato che rappresenta il grado del vertice.



Modello Pregel

Sviluppo e
sperimentazio-
ne di algoritmi
su grafi in
Pregel e
Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione

MapReduce

Pregel

Algoritmi su
grafi

Test

Conclusioni

Modello per il calcolo parallelo e distribuito di *grafi* di grandi dimensioni su cluster composto da:

- ▶ Modello di Programmazione
 - ▶ Basato sul modello Bulk Synchronous Parallel (BSP)
 - ▶ Vertice Centrico
- ▶ Architettura
 - ▶ Gestione delle risorse del cluster
 - ▶ Controllo flusso del programma
 - ▶ Controllo e recupero degli errori

└─ Pregel

└─ Modello Pregel

Modello per il calcolo parallelo e distribuito di grafi di grandi dimensioni su cluster composto da:

- Modello di Programmazione
 - Basato sul modello Bulk Synchronous Parallel (BSP)
 - Vertice Centrico
- Architettura
 - Gestione delle risorse del cluster
 - Controllo flusso del programma
 - Controllo e recupero degli errori

Pregel è un modello per l'esecuzione distribuita, parallela di algoritmi su grafi su cluster di computer.

Pregel può essere definito come una specializzazione di MapReduce sui grafi, infatti viene definito sia il modello di programmazione che l'architettura su cui andare ad eseguire un programma in Pregel.

Il modello di programmazione si definisce vertice centrico in quanto la logica dell'intero programma dipende dalla funzione base del modello che definisce le azioni che saranno eseguite dai vertici del grafo durante le varie iterazioni.



Pregel - Modello di Programmazione

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione
MapReduce

Pregel

Algoritmi su grafi

Test

Conclusioni

Basato sul modello Bulk Synchronous Parallel (BSP)

Modello computazionale astratto per la progettazione di algoritmi paralleli

- **Calcolo concorrente**
- **Comunicazione**
- **Barriera di sincronizzazione**

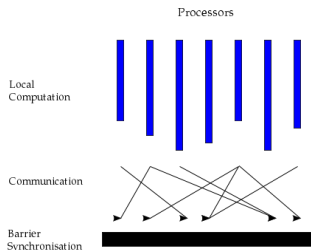


Figura : BSP

└ Pregel

└ Pregel - Modello di Programmazione

Basato sul modello Bulk Synchronous Parallel (BSP)
Modello computazionale astratto per la progettazione di algoritmi paralleli

- Calcolo concorrente
- Comunicazione
- Barriera di sincronizzazione



Figura - BSP

Il modello *Pregel* si basa sul il **Bulk Synchronous Parallel (BSP) Model** che è un modello computazionale astratto per la progettazione di algoritmi paralleli.

Una macchina è costituita da più processori, ognuno avente la propria memoria locale indipendente e connessi tra loro da una rete di comunicazione.

Una computazione in questo modello è composta da una serie di superstep globali, in ogni superstep:

- **Calcolo concorrente:** un prima fase in cui ogni processore che partecipa al superstep effettua le operazioni utilizzando la propria memoria locale.
- **Comunicazione:** nella fase di comunicazione i processori scambiano dati tra loro.
- **Barriera di sincronizzazione:** Quando un processo che raggiunge questo step rimane in stato di attesa fino a quando tutti i processi non hanno terminato la fase precedente.



Pregel - Modello di Programmazione

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione
MapReduce

Pregel

Algoritmi su grafi

Test

Conclusioni

- ▶ Modello **vertice-centrico**
- ▶ Computazione divisa in *superstep*

Ad ogni superstep S il vertice V :

1. Riceve messaggi inviati al superstep $S-1$.
2. Altera lo stato del Vertice V .
3. Invia messaggi che verranno ricevuti al superstep $S+1$.

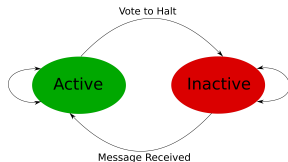


Figura : Diagramma stati vertice in Pregel

└ Pregel

└ Pregel - Modello di Programmazione

- Modello **vertice-centrico**
- Computazione divisa in **superstep**

Ad ogni **superstep** S il vertice V :

1. Riceve messaggi inviati al superstep $S-1$.
2. Altera lo stato del Vertice V .
3. Invia messaggi che verranno ricevuti al superstep $S+1$.



Figure : Diagramma stati vertice in Pregel

La computazione di un programma definito secondo il modello **Pregel** è suddivisa in **superstep**.

Ad ogni *superstep* viene eseguita la funzione base del modello che prevede la ricezione dei messaggi inviati nell'iterazione precedente, la modifica dello stato del vertice e l'invio di messaggi ai vertici che li riceveranno nel superstep successivo.

Nella figura mostrata sulla slide è rappresentato il diagramma degli stati che un vertice può raggiungere durante l'esecuzione del programma in Pregel. All'inizio dell'esecuzione tutti i vertici si trovano in uno stato **Active**, nel corso di ogni superstep un vertice può decidere di passare ad uno stato **Vote to Halt**. Un vertice non esegue alcuna azione quando si trova in questo stato, fintantoché non riceve un messaggio in entrata da un altro vertice, in questo caso torna ad uno stato **Active** nel corso dello stesso Superstep.

L'esecuzione del programma termina quando tutti i vertici si trovano in uno stato **Vote to halt**.



Pregel - Esempio SSSP

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione

MapReduce

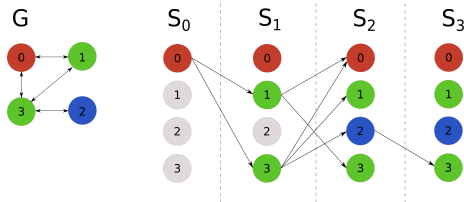
Pregel

Algoritmi su grafi

Test

Conclusioni

Cammini minimi da sorgente singola



TODO:INSERIRE
PSEUDOCODICE

Figura : Pregel - Esempio SSSP

└ Pregel

└ Pregel - Esempio SSSP

Cammini minimi da sorgente singola

TODO: INSERIRE
PSEUDOCODICE

Figura : Pregel - Esempio SSSP



Pregel - Architettura

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione
MapReduce

Pregel

Algoritmi su grafi

Test

Conclusioni

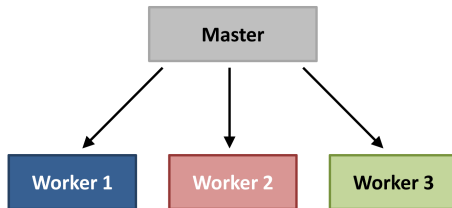
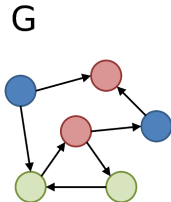


Figura : Architettura Pregel

2016-01-14

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

└─ Pregel

└─ Pregel - Architettura

Pregel - Architettura



Figura - Architettura Pregel



Sviluppo e
sperimentazio-
ne di algoritmi
su grafi in
Pregel e
Mapreduce

Luigi Piccioli

Introduzione

MapReduce

Pregel

Algoritmi su
grafi

Test

Conclusioni



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE,
INFORMATICA E STATISTICA

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce

Relatore:
Prof. Irene Finocchi

Candidato:
Luigi Piccioli

2016-01-14

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi in Pregel e Mapreduce



FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE,
INFORMATICA E STATISTICA

Sviluppo e sperimentazione di algoritmi su grafi
in Pregel e Mapreduce

Relatore:
Prof. Irene Finocchi

Candidato:
Luigi Piccoli

Grazie :)