

20 - Input/Output su File

Programmazione e analisi di dati
Modulo A: Programmazione in Java

Paolo Milazzo

Dipartimento di Informatica, Università di Pisa
<http://www.di.unipi.it/milazzo>
milazzo@di.unipi.it

Corso di Laurea Magistrale in Informatica Umanistica
A.A. 2016/2017

Persistenza dei dati

Nei programmi visti fino ad ora abbiamo usato

- **Output su schermo** (tramite `System.out.println()`)
- **Input da tastiera** (tramite la classe `Scanner`)

Con queste modalità di Input/Output, al termine dell'esecuzione di un programma tutti i dati inseriti tramite tastiera vengono **persi**

Spesso è utile fornire funzionalità di **persistenza** dei dati

- i dati devono poter **sopravvivere alla terminazione** del programma ed essere disponibili in una successiva nuova esecuzione
- bisogna **salvare** i dati in un **file**

Stream (1)

In Java, l'Input/Output su file segue il modello degli **stream** (o **flussi**)

Uno **stream di input** prevede una **sorgente di dati** (es. un file) che possono essere utilizzati da un programma

Uno **stream di output** prevede una **destinazione per i dati** (es. un file) che sono generati da un programma

Stream (2)

Volendo fare un' **analogia**:

- Uno stream di input è come l' **acquedotto pubblico**, che porta l'acqua da una sorgente al rubinetto di casa
- Uno stream di output è come il **sistema fognario**, che porta l'acqua dal rubinetto di casa al depuratore

Quando si apre un rubinetto, l'acqua continua a uscire fintanto che:

- non chiudiamo il rubinetto
- non si esaurisce l'acqua della sorgente

Analogamente, in uno stream di input si continua a ricevere dati fintanto che:

- non si decide di smettere di leggerli
- la sorgente dei dati si esaurisce (es. il file è finito)

Stream (3)

In Java, le classi di libreria per la gestione degli stream si dividono in due gruppi:

- per la gestione di **stream di caratteri**
- per la gestione di **stream di bytes**

Nel caso dei file:

- le classi del primo gruppo consentono di leggere/scrivere **file di testo**
- le classi del secondo gruppo consentono di leggere/scrivere **file binari** (immagini, video, dati, ecc...)

I file di testo possono essere modificati con un qualunque **programma di scrittura**, i file binari no!

Strem basici (1)

Le classi di base per la gestione degli stream consentono di leggere/scrivere

- singoli caratteri
- singoli bytes

Tali classi sono le seguenti:

- Stream di caratteri: `FileReader` e `FileWriter`
- Stream di bytes: `FileInputStream` e `FileOutputStream`

Queste classi (come le classi che vedremo nel seguito) fanno parte del package `java.io`

- devono essere `importate` nei programmi!

Stream basici (2)

Vediamo il funzionamento degli stream di caratteri

- gli stream di bytes funzionano in maniera analoga

La classe `FileReader` consente di leggere un file un carattere alla volta

Per fare ciò dobbiamo:

1. passare al **costruttore** di `FileReader` il nome del file (come stringa)
2. **chiamare ripetutamente** il metodo `read()` che legge un carattere
3. **chiudere** lo stream invocando il metodo `close()`

Stream basici (2)

Più in dettaglio:

Chiamata del costruttore:

```
FileReader reader = new FileReader("prova.txt");
```

- **predispone** il file per la lettura (interagendo con il sistema operativo del computer)
- lancia un'**eccezione** se il file non esiste

Lettura dei singoli caratteri:

```
int next = reader.read();
```

- restituisce -1 se il file è **terminato**
- altrimenti l'intero può essere **castato** a char e usato nel programma

Chiusura dello stream:

```
reader.close();
```

- **libera la risorsa**: comunica al sistema operativo del computer che il file può essere usato da altri programmi

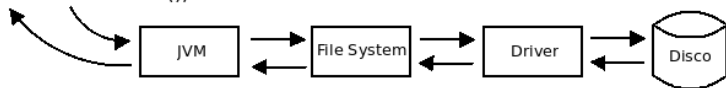
Stream basici (3)

Le operazioni sugli stream coinvolgono pesantemente il **sistema operativo** del computer, e non solo!

Ad esempio: **quando si esegue una read()**

- La Java Virtual Machine fa la richiesta del carattere al **file system** (componente del sistema operativo che gestisce i file)
- Il file system a sua volta fa una opportuna richiesta al **driver** del dispositivo di memorizzazione relativo (disco fisso, chiavetta USB,...)
- Il driver invia opportuni segnali al **dispositivo di memorizzazione** stesso
- Il dispositivo di memorizzazione recupera il dato e lo rimanda indietro ai richiedenti

```
int c = reader.read();
```



Stream basici (4)

Molti **componenti esterni** alla Java Virtual Machine sono coinvolti

- è **relativamente probabile** che qualcosa vada storto...
- per tutelarsi, Java utilizza le **eccezioni** di tipo **IOException**
- tali eccezioni:
 - ▶ possono essere lanciate da **tutti i metodi** delle classi di gestione degli stream
 - ▶ sono **controllate**: ossia, **devono essere gestite** da chi chiama i metodi

Esempio: Lettura di un file

```
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;

public class LeggiFile {

    public static void main(String[] args) {
        try {
            int next;
            // crea lo stream di input
            FileReader reader = new FileReader("prova.txt");
            do {
                // legge i caratteri
                next = reader.read();
                if (next!=-1) {
                    // casta l'intero a char e lo visualizza
                    char c = (char) next;
                    System.out.print(c);
                }
            } while (next!=-1); // finche il file non finisce
            // chiude lo stream
            reader.close();
        }
        catch (IOException e) {
            // in caso di errori in una delle operazioni...
            System.out.println("ERRORE di I/O");
            System.out.println(e);
        }
    }
}
```

Stream basici (5)

La scrittura su file tramite uno stream di output è analoga alla lettura:

- Si utilizza la classe `FileWriter`
- Al posto di `read()` si usa il metodo `write()`

Esempio: Copia di un file (1)

```
import java.io.FileReader;
import java.io.FileWriter;
import java.io.IOException;

public class CopiaFile {
    public static void main(String[] args) {

        // questo non serve... lo uso solo per calcolare
        // il tempo di esecuzione del programma
        long inizio = System.currentTimeMillis();

        try {
            int next;

            // crea entrambi gli stream (input e output)
            FileReader reader = new FileReader("prova.txt");
            FileWriter writer = new FileWriter("prova2.txt");
            do {
                // legge un carattere dallo stream di input...
                next = reader.read();
                if (next!=-1) {
                    char c = (char) next;
                    // e lo scrive nello stream di output...
                    writer.write(c);
                }
            } while (next!=-1); // finche' il file non finisce
```

(segue)

Esempio: Copia di un file (2)

(segue CopiaFile)

```
// chiude entrambi gli stream
reader.close();
writer.close(); // provare a commentare questo!!
}
catch (IOException e) { // in caso di errori...
    System.out.println("ERRORE di I/O");
    System.out.println(e);
}

// quanto tempo ha impiegato?
// (anche questo in realta' non serve...)
long fine = System.currentTimeMillis();
System.out.println("Impiegati "+(fine-inizio)+" millisecondi");
}
}
```

Input/Output bufferizzato (1)

Leggere o scrivere un carattere per volta **richiede tempo...**

- **per ogni carattere bisogna ripetere tutti i passaggi** con il sistema operativo descritti prima
- il programma CopiaFile richiede **diversi millisecondi** (che non è poco) anche per copiare file di piccola dimensione...

La soluzione a questo problema è l'utilizzo di un **buffer**

- Un buffer è una **memoria tampone** usata per immagazzinare dati da usare in seguito
- Ritornando all'analogia dell'**acquedotto**, un buffer è simile a:
 - ▶ Una **riserva d'acqua** (nei posti a rischio di siccità) [input]
 - ▶ Un **boiler** (mantiene un po' di acqua calda pronta per l'uso) [input]
 - ▶ Una **fossa biologica** (raccoglie i liquami prodotti) [output]

Input/Output bufferizzato (2)

Uno **stream bufferizzato** lo si ottiene utilizzando uno stream basico all'interno di una opportuna classe

Di nuovo, le classi per la creazione di stream bufferizzati si differenziano a seconda del tipo di stream:

- Stream di caratteri: **BufferedReader e BufferedWriter**
- Stream di bytes: **BufferedInputStream e BufferedOutputStream**

Vediamo ancora il caso dello stream di caratteri (il caso dei bytes è analogo)

Input/Output bufferizzato (3)

Per usare uno stream di input bufferizzato (l'output è analogo) dobbiamo:

1. passare al **costruttore** di `BufferedReader` uno stream basico (di tipo `FileReader`)
2. **chiamare ripetutamente** il metodo `read()` che legge un carattere
3. **chiudere** lo stream invocando il metodo `close()`

Rispetto allo stream basico cambia solo la chiamata al costruttore

- Il `BufferedReader` viene collegato a un `FileReader`...
- ... come una riserva idrica viene collegata a un rubinetto dell'acqua

Il `FileReader` spesso viene creato al momento

```
BufferedReader reader =  
    new BufferedReader(new FileReader("prova.txt"));
```

Input/Output bufferizzato (4)

Continueremo a leggere un carattere per volta, ma **di nascosto** il `BufferedReader` si porterà avanti con il lavoro:

- quando si esegue una `read()` vengono richiesti al sistema operativo un numero di caratteri **pari alla dimensione del buffer**
- **successive chiamate** a `read()` verranno **subito risolte** dal buffer senza interpellare il sistema operativo

Esempio: Copia di un file (1)

```
// NOTA: cosi' importa tutte le classi del package java.io
import java.io.*;

public class CopiaFileBufferizzato {
    public static void main(String[] args) {

        // questo non serve... lo uso solo per calcolare
        // il tempo di esecuzione del programma
        long inizio = System.currentTimeMillis();

        try {
            int next;
            // crea entrambi gli stream bufferizzati
            BufferedReader reader =
                new BufferedReader(new FileReader("prova.txt"));
            BufferedWriter writer =
                new BufferedWriter(new FileWriter("prova2.txt"));
            do {
                // legge un carattere dallo stream di input...
                next = reader.read();
                if (next!=-1) {
                    char c = (char) next;
                    // e lo scrive nello stream di output...
                    writer.write(c);
                }
            } while (next!=-1); // finche' il file non finisce
        }
    }
}
```

(segue)

Esempio: Copia di un file (2)

(segue CopiaFileBufferizzato)

```
        // chiude entrambi gli stream
        reader.close();
        writer.close();
    }
    catch (IOException e) { // in caso di errori...
        System.out.println("ERRORE di I/O");
        System.out.println(e);
    }

    // quanto tempo ha impiegato?
    // (anche questo in realta' non serve...)
    long fine = System.currentTimeMillis();
    System.out.println("Impiegati "+(fine-inizio)+" millisecondi");
}
}
```

Input/Output formattato (1)

Leggere singoli caratteri non è il massimo...

- esistono classi che si occupano di **dare una forma** ai dati letti/scritti tramite uno stream

Nel caso degli **stream di caratteri** tali classi di formattazione sono

- **Scanner** per formattare i dati di uno stream di input
- **PrintWriter** per formattare i dati di uno stream di output

Sono in realtà sono classi analoghe a quelle **già usate** per input/output tramite tastiera/video!

- Scanner fornisce `nextInt()`, `nextLine()`, ecc..
- PrintWriter fornisce `println()` e `print()`

Input/Output formattato (2)

Come usare Scanner con i file:

1. passare al **costruttore** di Scanner uno stream di caratteri di input (meglio se bufferizzato, BufferedReader)
2. **usare i metodi** `nextInt()`, `nextLine()`, ecc... per leggere dal file **facendo attenzione**
 - ▶ bisogna essere **sicuri** del tipo di valore che si legge con questi metodi
 - ▶ o, in alternativa, bisogna essere **pronti a gestire** l'eccezione lanciata in caso di input di tipo sbagliato
3. chiudere lo Scanner

Come usare PrintWriter con i file:

1. passare al **costruttore** di PrintWriter uno stream di caratteri di output (meglio se bufferizzato, BufferedWriter)
2. **usare i metodi** `println()` e `print()` per scrivere nel file
3. chiudere il PrintWriter

Esempio: registro delle eta' (1)

```
// NOTA: cosi' importo tutte le classi del package java.io
import java.io.*;
import java.util.Scanner;
import java.util.Vector;

public class RegistroEtaMinimale {

    public static void main(String[] args) {

        // memorizza nomi ed eta in due vettori "paralleli": al nome
        // in posizione i corrisponde l'eta' in posizione i
        Vector<String> nomi = new Vector<String>();
        Vector<Integer> eta = new Vector<Integer>();

        try {
            // crea lo stream (formattato) di input
            Scanner file_input =
                new Scanner(new BufferedReader(
                    new FileReader("registro.txt")));

            // legge tutto il file, aggiungendo i valori letti ai vettori
            while (file_input.hasNext()) {
                // nota: nome deve essere una singola parola (usa next)
                nomi.add(file_input.next());
                eta.add(file_input.nextInt());
            }
        }
    }
}
```

(segue)

Esempio: registro delle eta' (2)

(segue RegistroEtaMinimale)

```
// chiude lo stream
file_input.close();
}
catch (IOException e) { // in caso di errori...
    System.out.println("ERRORE di I/O");
    System.out.println(e);
}

// stampa il contenuto del registro (i vettori)
System.out.println("REGISTRO DELLE ETA'");
for (int i=0; i<nomi.size(); i++) {
    System.out.println(nomi.get(i) + " " + eta.get(i));
}

System.out.println();
```

(segue)

Esempio: registro delle eta' (3)

(segue RegistroEtaMinimale)

```
// consente di incrementare (di uno) l'eta' di alcune
// persone nel registro
boolean finito = false;
do {
    // legge un nome
    Scanner input = new Scanner(System.in);
    System.out.println("Inserisci un nome per incrementare l'eta");
    System.out.println("oppure invio per terminare:");
    String n = input.nextLine();

    // se l'utente ha premuto invio si ferma
    if (n.equals("")) finito=true;
    else {
        // altrimenti incrementa l'eta' corrisp. al nome (se presente)
        int j=nomi.indexOf(n);
        if (j!=-1)
            System.out.println("Nome "+n+" non presente nel registro");
        else {
            int e = eta.get(j);
            eta.set(j,e+1);
            System.out.println("Ora " +n+ " ha " + (e+1) + " anni");
        }
    }
} while (!finito);
```

(segue)

Esempio: registro delle eta' (4)

(segue RegistroEtaMinimale)

```
// quando l'utente ha terminato, salva tutto nel file
try {
    // crea lo stream (formattato) di output
    PrintWriter file_output =
        new PrintWriter(new BufferedWriter(
            new FileWriter("registro.txt")));

    // scrive i valori usando println
    for (int i=0; i<nomi.size(); i++) {
        file_output.println(nomi.get(i) + " " + eta.get(i));
    }

    // chiude lo stream di output
    file_output.close();
}
catch (IOException e) { // in caso di errori...
    System.out.println("ERRORE di I/O");
    System.out.println(e);
}
}
```

Serializzazione degli oggetti (1)

Sebbene le classi `Scanner` e `PrintWriter` aiutino a salvare dati di vario tipo su file, il loro uso non è sempre facile

Quando abbiamo un **programma complesso** che usa molte strutture dati, **salvare lo stato** del programma in un file può diventare complicato

In questi casi, l'implementazione di meccanismi di persistenza dei dati può essere semplificata tramite

- la **serializzazione degli oggetti**

La serializzazione degli oggetti è una funzionalità di Java che consente di rappresentare oggetti arbitrariamente complessi come **sequenze di byte** ben definite

- tali sequenze di byte potranno essere **salvate su file** tramite uno stream (di byte, questa volta)

Serializzazione degli oggetti (2)

Per leggere/scrivere un oggetto in un file bisogna usare le classi:

- **ObjectInputStream** e **ObjectOutputStream**

Nel caso di `ObjectInputStream` (l'output è analogo) si procede come segue:

1. passare al **costruttore** di `ObjectInputStream` uno stream **di bytes** di input (meglio se bufferizzato, `BufferedInputStream`)
2. **usare il metodo** `readObject()` per leggere dal file **facendo attenzione**
 - ▶ se il file non contiene un oggetto viene lanciata l'eccezione `ClassNotFoundException`
3. **chiudere** lo stream

Esempio: salvare un vettore (1)

```
import java.io.*;
import java.util.Vector;

public class SerializzaVettore {

    public static void main(String[] args) {

        // crea e inizializza un vettore
        Vector<String> v1 = new Vector<String>();
        v1.add("AAA");
        v1.add("BBB");
        v1.add("CCC");

        // lo salva in un file
        try {
            // notare le classi degli stream di byte
            ObjectOutputStream out =
                new ObjectOutputStream(new BufferedOutputStream(
                    new FileOutputStream("serializza.dat")));
            out.writeObject(v1);
            out.close();
        } catch (IOException e) {
            System.out.println("ERRORE di I/O");
            System.out.println(e);
        }
    }
}
```

(segue)

Esempio: salvare un vettore (2)

(segue SerializzaVettore)

```
// lo rilegge dal file (assegnandolo a un'altra variabile)
Vector<String> v2 = null;
try {
    // notare le classi degli stream di byte
    ObjectInputStream in =
        new ObjectInputStream(new BufferedInputStream(
            new FileInputStream("serializza.dat")));
    v2 = (Vector<String>) in.readObject();
    in.close();
} catch (ClassNotFoundException e) {
    // se il file non contiene un oggetto....
    System.out.println("PROBLEMA (manca oggetto nel file)");
    System.out.println(e);
} catch (IOException e) {
    System.out.println("ERRORE di I/O");
    System.out.println(e);
}

// stampa quanto letto dal file
System.out.println(v2);
}
}
```

Serializzazione degli oggetti (3)

Affinché un oggetto possa essere serializzato e salvato su file, la sua classe deve implementare l'**interfaccia Serializable**

Tale interfaccia non **prevede metodi**

- questo meccanismo serve solo per far **dichiarare** al programmatore che **autorizza** il salvataggio dei suoi oggetti
- e' un meccanismo di **sicurezza**: la serializzazione mette a nudo (nel file) il contenuto delle variabili private di un oggetto!
- un programmatore malevolo potrebbe accedere alle variabili private di un oggetto salvandolo su file e andando a leggere il file un byte alla volta....

Serializzazione degli oggetti (4)

Tutte le principali classi della Libreria di Java sono serializzabili (implementano `Serializable`)

- ovviamente, devono essere serializzabili anche le classi degli oggetti in esse contenute
- ad esempio:
 - ▶ La classe `String` implementa `Serializable`, quindi un vettore di stringhe è ok
 - ▶ Un vettore di elementi di un tipo `Rettangolo` definito da noi è serializzabile solo se `Rettangolo` lo è

Serializzazione degli oggetti (5)

Alle classi che implementano `Serializable` viene richiesto (anche se non è obbligatorio) di includere una costante statica `serialVersionUID` (di tipo `long`)

- servirebbe per distinguere tra diverse versioni della stessa classe (es. modifiche successive)

Rendiamo la classe `Rettangolo` serializzabile:

```
public class Rettangolo implements Serializable {
    static final long serialVersionUID = 1;

    public int base;
    public int altezza;

    public Rettangolo(int base, int altezza) {
        this.base = base;
        this.altezza = altezza;
    }
}
```

Serializzazione degli oggetti (6)

In questo modo possiamo salvare su file un vettore di rettangoli:

```
....  
  
Vector< Rettangolo > v = new Vector< Rettangolo >();  
v.add(new Rettangolo(10,10));  
v.add(new Rettangolo(15,50));  
v.add(new Rettangolo(20,60));  
  
try {  
    ObjectOutputStream out =  
        new ObjectOutputStream(new BufferedOutputStream(  
            new FileOutputStream("rettangoli.dat")));  
    out.writeObject(v);  
    out.close();  
} catch(IOException e) {  
    System.out.println("ERRORE di I/O");  
    System.out.println(e);  
}  
  
....
```

Serializzazione degli oggetti (7)

Un esempio più completo di programma che utilizza la serializzazione degli oggetti per implementare un meccanismo di persistenza dei dati è il programma `RegistroEtaCompleto` (vedere la [pagina web](#) del corso)

Tale programma prevede:

- una classe `NomeEta` che associa un nome a una età
- una classe `RegistroEtaCompleto` che contiene un vettore di oggetti `NomeEta` e diverse funzionalità
- una classe `GestioneRegistroEta` che contiene un menu per accedere alle varie funzionalità di `RegistroEtaCompleto`