

Lezione XVII
Lu 24-Ott-2005

Array bidimensionali cenni

Array bidimensionali

□ Problema

- stampare una tabella con i valori delle potenze \mathbf{x}^y , per ogni valore di \mathbf{x} tra 1 e 4 e per ogni valore di \mathbf{y} tra 1 e 5

1	1	1	1	1
2	4	8	16	32
3	9	27	81	243
4	16	64	256	1024

e cerchiamo di risolverlo in modo generale, scrivendo metodi che possano *elaborare un'intera struttura di questo tipo*

Matrici

Indice di riga

	0	1	2	3	4
0	1	1	1	1	1
1	2	4	8	16	32
2	3	9	27	81	243
3	4	16	64	256	1024

Indice di
colonna

- ❑ Una struttura di questo tipo, con dati organizzati in righe e colonne, si dice *matrice* o array bidimensionale
- ❑ Un elemento all'interno di una matrice è identificato da *una coppia (ordinata) di indici*
 - un *indice di riga*
 - un *indice di colonna*
 - esempio $a_{2,3} = 81$
- ❑ In Java esistono gli array bidimensionali

Array bidimensionali in Java

❑ Dichiarazione di un array bidimensionale con elementi di tipo **int**

```
int[][] powers;
```

❑ Costruzione di array bidimensionale di **int** con 4 righe e 5 colonne

```
new int[4][5];
```

❑ Assegnazione di riferimento ad array bidimensionale

```
powers = new int[4][5];
```

❑ Accesso a un elemento di un array bidimensionale

```
powers[2][3] = 81;
```

```
int n = powers[2][3];
```

Array bidimensionali in Java

□ Ciascun indice deve essere

- intero
- maggiore o uguale a 0
- minore della dimensione corrispondente

□ Per conoscere il valore delle due dimensioni

- il numero di righe è

```
powers.length;
```

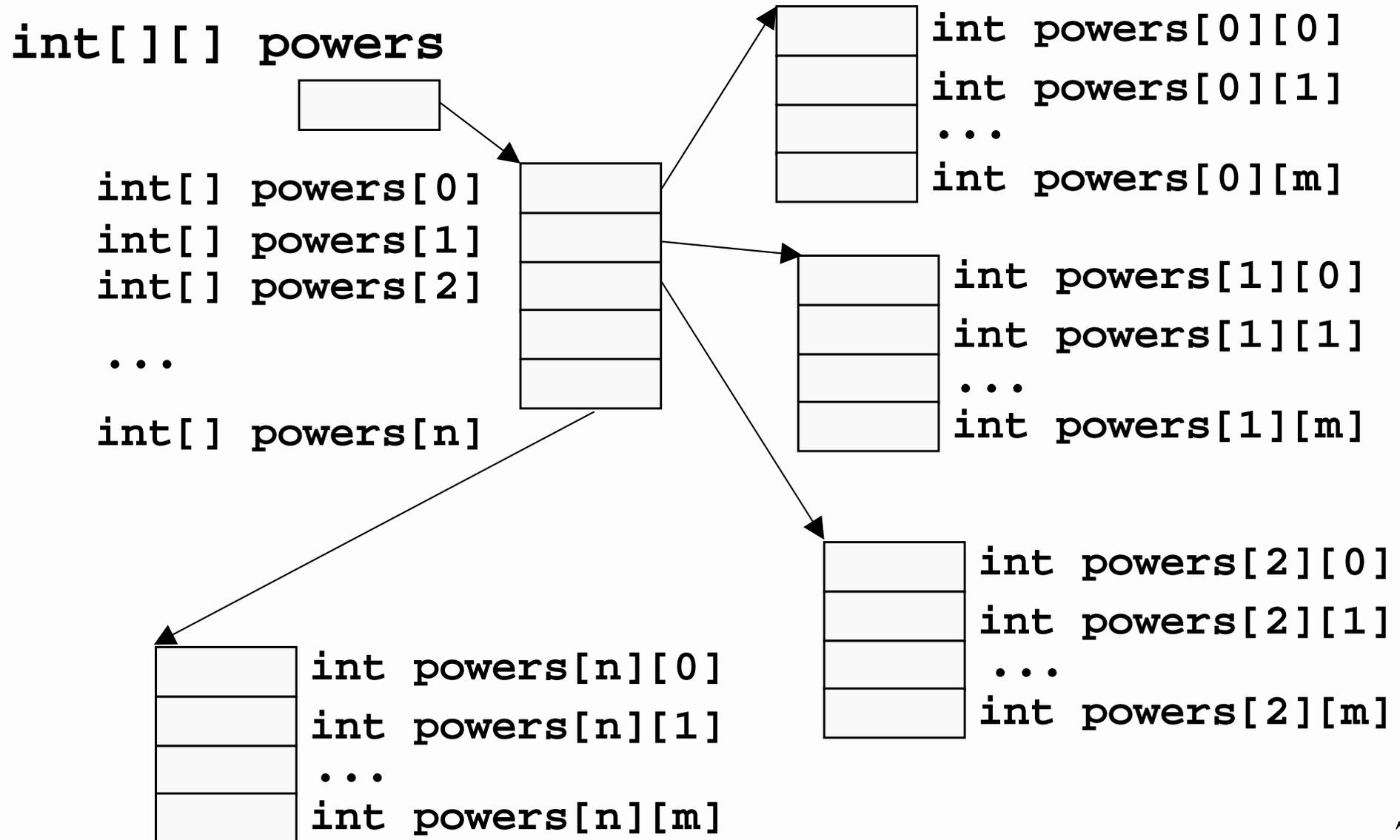
- il numero di colonne è

```
powers[0].length;
```



(perché un array bidimensionale è in realtà un array di array e ogni array rappresenta una colonna...)

Array bidimensionali



Pacchetti

Organizzare le classi in pacchetti

- ❑ Un programma java e' costituito da una raccolta di classi.
- ❑ Fin ora i nostri programma erano costituiti da una o al massimo due classi, memorizzate nella stessa directory
- ❑ Quando le classi sono tante serve un meccanismo per organizzare le classi: questo meccanismo e' fornito dai pacchetti
- ❑ Un pacchetto (package) e' costituito da classi correlate
- ❑ Per inserire delle classi in un pacchetto si inserisce come prima istruzione del file sorgente la seguente riga

```
package nomePacchetto;
```

Organizzare le classi in pacchetti

- ❑ Nella libreria standard il nome dei pacchetti e' un nome composto da vari token separati del punto
 - java.util
 - javax.swing
 - org.omg.CORBA
- ❑ Per usare una classe di un pacchetto, si importa con l'enunciato import che gia' conosciamo:

```
import nomePacchetto.nomeClasse;
```

- ❑ L'organizzazione delle classi in pacchetti permette di avere classi diverse, ma con lo stesso nome, in pacchetti diversi, e di poterle distinguere

```
import java.util.Timer;  
import javax.swing.Timer;  
...  
java.util.Timer t = new java.util.Timer();  
javax.swing.Timer ts = new javax.swing.Timer();
```

Organizzare le classi in pacchetti

- ❑ Esiste un pacchetto speciale, chiamato **pacchetto predefinito**, che e' senza nome
- ❑ Se non inseriamo un enunciato **package** in un file sorgente, le classi vengono inserite nel pacchetto predefinito
- ❑ Il pacchetto predefinito si puo' estendere sulle classi appartenenti alla stessa directory
- ❑ Il pacchetto **java.lang** e' sempre importato automaticamente
- ❑ I nomi dei pacchetti devono essere univoci. Come garantirlo?
- ❑ Ad esempio invertendo i nomi dei domini
 - **it.unipd.ing (facolta' di Ingegneria)**
- ❑ Se non si ha un dominio, si puo' invertire il proprio indirizzo di posta elettronica
 - `adriano.luchetta @igi.cnr.it` -> `it.cnr.igi.luchetta.adriano`

Come vengono localizzate le classi

- ❑ Se si usano solo le classi della libreria standard non ci si deve preoccupare della posizione dei file
- ❑ Un pacchetto si trova in una directory che corrisponde al nome del pacchetto
 - Le parti del nome separate da punti corrispondono a directory annidate
 - `it.cnr.igi.luchetta.adriano` `it/cnr/igi/luchetta/adriano`
- ❑ Se il pacchetto è usato con un solo programma, si annida il pacchetto all'interno della directory
 - `lab4/it/cnr/igi/luchetta/adriano`
- ❑ Se si vuole usare con molti programmi si crea una directory specifica
 - `/usr/home/lib/it/cnr/igi/luchetta/adriano`
- ❑ Si aggiunge il percorso alla variabile d'ambiente class path
 - `$export CLASSPATH=/usr/home/lib:` ← Unix (bash)
 - `>set CLASSPATH=c:\home\lib;` ← Windows

Consigli pratici

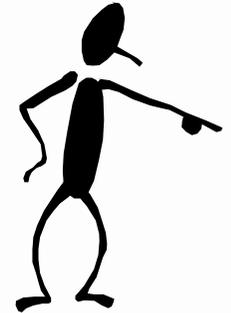
- ❑ Inserire ciascuna esercitazione di laboratorio in una directory separata propria come, ad esempio lab1, lab2, ...
 - **`$mkdir lab4;`**
 - cosi' in esercitazioni separate potete avere classi con lo stesso nome, che possono pero' essere diverse
- ❑ Scegliete una directory di base
 - **`/home/ms54637`**
 - **`mkdir /home/ms54637/lab4`**
- ❑ Mettete i vostri file sorgente nella cartella
 - **`/home/ms54637/lab3/Triangolo.java`** ← Unix (bash)
 - **`/home/ms54637/lab3/ProvaTriangoloJOptionPane.java`**
- ❑ Compilare i file sorgenti nella directory base
 - **`cd home/ms54637`**
 - **`javac lab3/Triangolo.java`**
 - Notare che il compilatore richiede il nome del file sorgente 13

Consigli pratici

- ❑ Inserire nei file sorgenti l'enunciato package
 - `package lab3;`
- ❑ Eseguire il programma nella directory base
 - `cd home/ms54637`
 - `java lab3.ProvaTriangoloJOptionPane`
- ❑ **Notare che l'interprete vuole il nome della classe, e quindi il separatore sara' il punto**
- ❑ **Se non inserite l'enunciato package, dovete eseguire all'interno della directory di lavoro**
 - `cd home/ms54637/lab3`
 - `java ProvaTriangoloJOptionPane`

Eccezioni

Lanciare eccezioni



- Sintassi:

```
throw oggettoEccezione;
```

- Scopo: lanciare un'eccezione
- Nota: di solito l'*oggettoEccezione* viene creato con *new ClasseEccezione()*

```
public void deposit(double amount)
{
    if (amount <= 0)
        throw new IllegalArgumentException();
    balance = balance + amount;
}
```

Le eccezioni in Java

- Quando un metodo *lancia* un'eccezione
 - l'esecuzione del metodo viene immediatamente interrotta
 - l'eccezione viene “propagata” al metodo chiamante la cui esecuzione viene a sua volta immediatamente interrotta
 - l'eccezione viene via via propagata fino al metodo **main()** la cui interruzione provoca l'arresto anormale del programma con la segnalazione dell'eccezione che è stata la causa di tale terminazione prematura
- Il lancio di un'eccezione è quindi un modo per terminare un programma in caso di errore
 - *non sempre però gli errori sono così gravi...*

Gestire le eccezioni di input

- Nell'esempio di conversione di stringhe in numeri supponiamo che la stringa sia stata introdotta dall'utente
 - se la stringa non contiene un numero valido viene generata un'eccezione **NumberFormatException**
 - sarebbe interessante poter *gestire* tale eccezione segnalando l'errore all'utente e chiedendo di inserire nuovamente il dato numerico *anziché terminare* prematuramente il programma
- Possiamo *intercettare* l'eccezione e gestirla con il costrutto sintattico **try/catch**

Conversione di stringhe in numeri

- ❑ La conversione corretta si ottiene invocando il metodo **statico parseInt()** della classe **Integer**

```
String ageString = "36";  
int age = Integer.parseInt(ageString);  
// age contiene il numero 36
```

- ❑ La conversione di un *numero in virgola mobile* si ottiene analogamente invocando il metodo **statico parseDouble()** della classe **Double**

```
String numberString = "34.3";  
double number =  
    Double.parseDouble(numberString);  
// number contiene il numero 34.3
```

Eccezioni nei formati numerici

```
int n = 0;
boolean done = false;
while (!done)
{
    try
    {
        String line = in.next();
        n = Integer.parseInt(line);
        // l'assegnazione seguente viene
        // eseguita soltanto se NON viene
        // lanciata l'eccezione
        done = true;
    }
    catch (NumberFormatException e)
    {
        System.out.println("Riprova");
        // done rimane false
    }
}
```

<i>done</i>	<i>!done</i>
-------------	--------------

false	true
-------	------

true	false
------	-------

Gestire le eccezioni

- L'enunciato che contiene l'invocazione del metodo che può generare l'eccezione deve essere racchiuso all'interno di una coppia di parentesi graffe precedute dalla parola chiave **try**

```
try
{
    ...
    n = Integer.parseInt(line);
    ...
}
```

- Bisogna poi sapere *di che tipo* è l'eccezione generata dal metodo
 - *ogni eccezione è un esemplare di una classe specifica*
 - ✓ nel nostro caso **NumberFormatException**

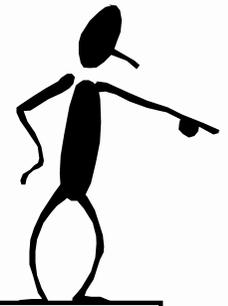
Gestire le eccezioni

- Il *blocco try* è seguito da una *clausola catch* definita in modo simile a *un metodo che riceve un solo parametro del tipo dell'eccezione* che si vuole gestire

```
catch (NumberFormatException e)
{
    System.out.println("Riprova");
}
```

- Nel blocco *catch* si trova *il codice che deve essere eseguito nel caso in cui si verifichi l'eccezione*
 - l'esecuzione del blocco **try** viene interrotta nel punto in cui si verifica l'eccezione e non viene più ripresa

Blocco try



□ Sintassi:

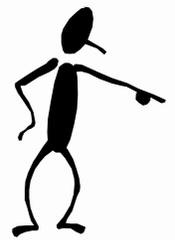
```
try
{
    enunciatiCheGeneranoUnaEccezione
}
catch (ClasseEccezione oggettoEccezione)
{
    enunciatiEseguitiInCasoDiEccezione
}
```

□ Scopo:

eseguire enunciati che generano una eccezione

- *se si verifica l'eccezione* di tipo *ClasseEccezione*
eseguire gli enunciati contenuti nella *clausola catch*
- *altrimenti* ignorare la *clausola catch*

Blocco try



- Se gli enunciati nel blocco try generano piu' di una eccezione

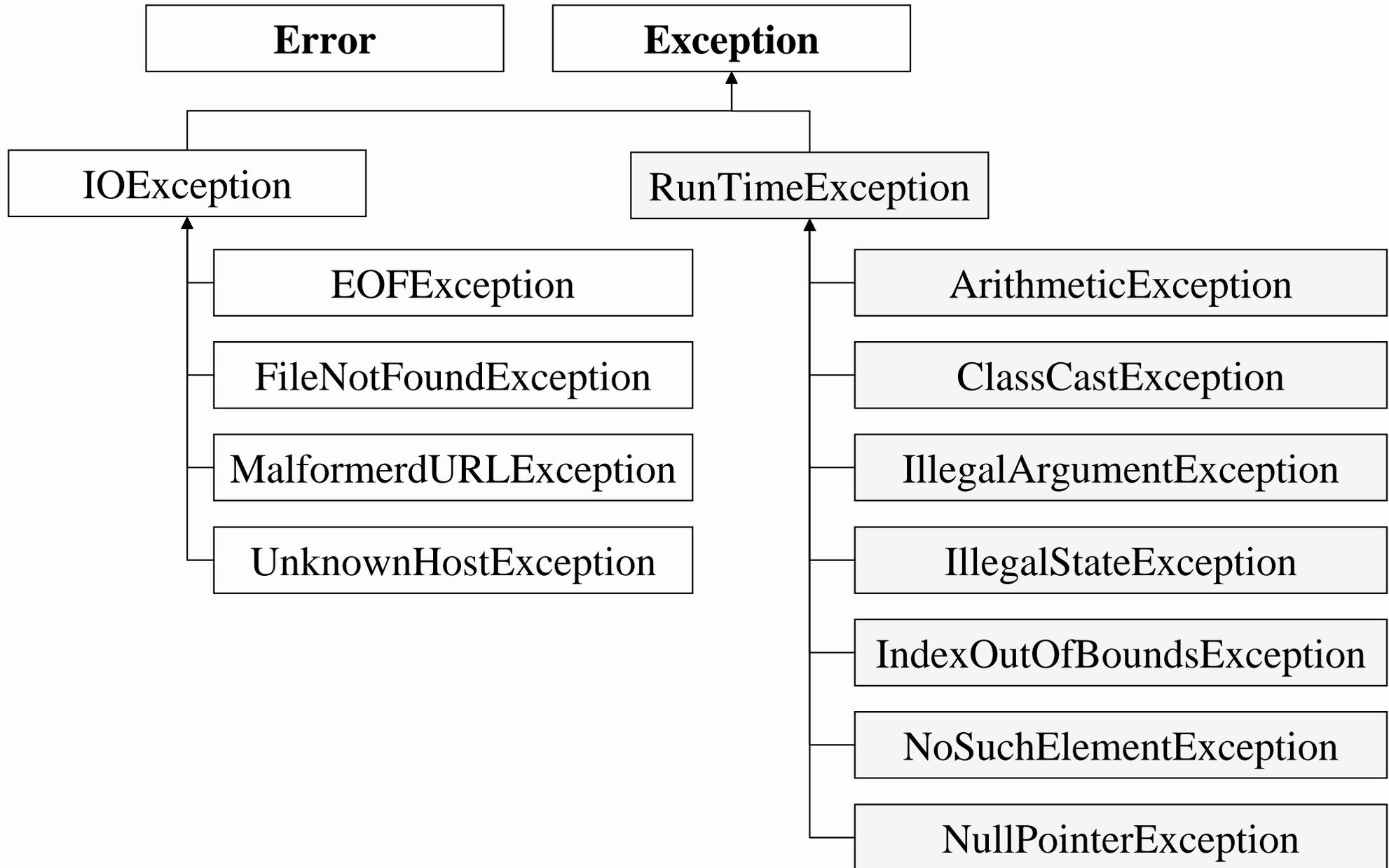
```
try
{ enunciatiCheGeneranoPiu'Eccezioni
}
catch (ClasseEccezione1 oggettoEccezione1)
{ enunciatiEseguitiInCasoDiEccezione1
}
catch (ClasseEccezione2 oggettoEccezione2)
{ enunciatiEseguitiInCasoDiEccezione2
}
...
```

Lezione XVIII
Ma 25-Ott-2005

Diversi tipi di eccezioni

- In Java esistono diversi tipi di eccezioni (cioè diverse **classi** di cui le eccezioni sono esemplari)
 - eccezioni di tipo **Error**
 - eccezioni di tipo **Exception**
 - ✓ un sottoinsieme sono di tipo **RuntimeException**
- La gestione delle eccezioni di tipo **Error** e di tipo **RuntimeException** è *facoltativa*
 - se non vengono gestite e vengono lanciate, provocano la terminazione del programma

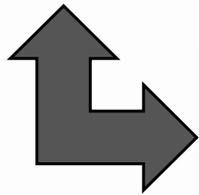
Diversi tipi di eccezioni



Diversi tipi di eccezioni

- ❑ Ad esempio non e' obbligatorio gestire l'eccezione **NumberFormatException** che appartiene all'insieme delle **RuntimeException**
- ❑ Viene lanciata fra l'altro dai metodi **Integer.parseInt()** **Double.parseDouble()**

```
...  
int n = Integer.parseInt(line);  
...
```



Il compilatore non segnala errore se l'eccezione non e' gestita

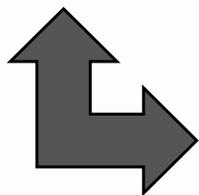
- ❑ Durante l'esecuzione del programma, se viene generata l'eccezione, questa si propaga fino al metodo **main()** e provoca la terminazione del programma

```
Exception in thread main java.lang.NumberFormatException:  
at java.lang.Integer.parseInt(...)
```

Diversi tipi di eccezioni

- ❑ E' invece obbligatorio gestire le eccezioni che sorgono nella gestione dell'input/output, come `java.io.IOException` o `java.io.FileNotFoundException` che appartengono all'insieme delle eccezioni `Exception`
- ❑ La classe `Scanner` può essere usata anche per leggere file (lo vedremo prossimamente); in questo caso il parametro esplicito e' un oggetto di classe `FileReader`
- ❑ Il costruttore `FileReader()` se non trova il file lancia l'eccezione controllata (a gestione obbligatoria) `java.io.FileNotFoundException`

```
...  
String filename = ...;  
FileReader reader = new FileReader(filename);  
Scanner in = new Scanner(reader);  
...
```



Il compilatore segnala errore se l'eccezione non e' gestita

Eccezioni controllate

- Possiamo gestire questa situazione in due modi
 - **try / catch**

```
try
{
    String filename = ...;
    FileReader reader = new FileReader(filename);
    Scanner in = new Scanner(reader);
}
catch (FileNotFoundException e)
{
    ...
}
...
```

- Spesso però il metodo potrebbe non avere il contesto per gestire l'eccezione (il programmatore non sa come reagire all'interno del metodo)

Eccezioni Controllate

- ❑ In alternativa alla gestione con l'enunciato **try** / **catch**, si può avvisare il compilatore che si è consapevoli che l'eventuale insorgenza di un'eccezione causerà la terminazione del metodo
- ❑ Si lascia quindi la gestione al metodo chiamante

```
public void read(String filename)
    throws FileNotFoundException
{
    FileReader reader = new FileReader(filename);
    Scanner in = new Scanner(reader);
    ...
}
```

- ❑ Se il metodo può lanciare più eccezioni, si pongono nella firma dopo la clausola **throws**, separandole con una virgola

```
public void read(String filename)
    throws FileNotFoundException,
        ClassNotFoundException
{
    ...
}
```

Gestire le eccezioni di input

```
// NON FUNZIONA!  
import java.io.FileNotFoundException;  
Import java.io.FileReader;  
Import java.util.Scanner;  
public class ReadInput  
{ public static void main(String[] args)  
  { String filename = ...;  
    FileReader reader = new FileReader(filename);  
    Scanner in = new Scanner(reader);  
    ...  
  }  
}
```



ReadInput.java:10:
unreported exception java.io.FileNotFoundException;
must be caught or declared to be thrown

Avvisare il compilatore: throws

- ❑ Un'alternativa alla gestione delle eccezioni con il costrutto **try/catch** e' quella di avvisare il compilatore che si e' consapevoli dell'eccezione e che semplicemente si vuole che il metodo termini in caso di eccezione.
- ❑ Per dichiarare che un metodo dovrebbe essere terminato quando accade un'eccezione controllata al suo interno si contrassegna il metodo con il marcatore **throws**

```
// FUNZIONA!  
import java.io.FileNotFoundException;  
Import java.io.FileReader;  
Import java.util.Scanner;  
public class ReadInput  
{   public static void main(String[] args)  
    throws FileNotFoundException  
    { String filename = ...;  
      FileReader reader = new FileReader(filename);  
      Scanner in = new Scanner(reader);  
      ...  
    }  
}
```

Avvisare il compilatore: **throws**

- ❑ La clausola **throws** segnala al chiamante del metodo che potrà trovarsi di fronte a un'eccezione del tipo dichiarato nell'intestazione del metodo.
 - Ad esempio `FileNotFoundException` nel caso di un metodo che usi il costruttore `FileReader()` della classe `FileReader`
- ❑ Il metodo chiamante dovrà prendere una decisione:
 - o gestire l'eccezione (**try/catch**)
 - o dire al proprio metodo chiamante che può essere generata un'eccezione (**throws**)
- ❑ Spesso non siamo in grado di gestire un'eccezione in un metodo, perché non possiamo reagire in modo adeguato o non sappiamo che cosa fare (inviare un messaggio allo standard output e terminare il programma potrebbe non essere adeguato)
- ❑ In questi casi è meglio lasciare la gestione dell'eccezione al metodo chiamante mediante la clausola **throws**



Lanciare eccezioni: Enunciato throw

```
throw oggettoEccezione;
```

```
public void deposit(double amount)
{
    if (amount <= 0)
        throw new IllegalArgumentException();
    balance = balance + amount;
}
```

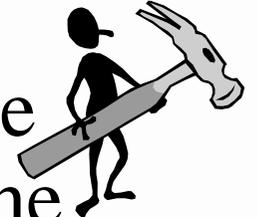
❑ Ora sappiamo

- programmare nei nostri metodi il lancio di eccezioni appartenenti alla libreria standard (throw new ...)
- gestire eccezioni (try/catch)
- lasciare al chiamante la gestione di eccezioni sollevate nei nostri metodi (throws nell'intestazione del metodo)

- ❑ Non sappiamo ancora costruire eccezioni solo nostre (ad esempio se vogliamo lanciare l'eccezione **LaNostraEccezioneException** come facciamo?)



Argomenti sulla riga comandi

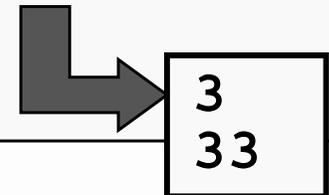


- Quando si esegue un programma Java, è possibile fornire dei parametri dopo il nome della classe che contiene il metodo **main()**

```
$java Program 2 33 Hello
```

- Questi parametri vengono letti dall'interprete Java e trasformati in un array di stringhe che costituisce il parametro del metodo **main()**

```
public class Program {  
    public static void main(String[] args)  
    {  
        System.out.println(args.length);  
        System.out.println(args[1]);  
    }  
}
```



Esercitazione

Uso di array

Esercitazione

- ❑ Scrivere la classe TextContainer che memorizzi un testo suddiviso in righe
- ❑ L'interfaccia pubblica della classe sia la seguente

```
public class TextContainer
{ // parte privata
    ...
    public TextContainer() {...}
    public void add(String aLine) {...}
    public String remove() {...}
    public boolean isEmpty() {...}
    public int replace(String find,
        String replacement) {...}
}
```

Esercitazione

- ❑ **public TextContainer()**: costruttore che inizializza un contenitore di testo vuoto
- ❑ **public void add(String aLine)**: aggiunge in coda al testo la riga **String aLine**
- ❑ **public String remove()**: restituisce, rimuovendola, la prima riga del testo
- ❑ **public boolean isEmpty()**: restituisce true se il contenitore è vuoto, false altrimenti
- ❑ **public int replace(String find, String replacement)**: ricerca nel testo la parola **String find** e la sostituisce con la parola **String replacement**. Restituisce il numero di sostituzioni effettuate. Considera una parola come una stringa delimitata da uno o più spazi (o TAB)
- ❑ **public String toString()**: **descrizione testuale**

Progettare la classe

1. Definire l'interfaccia pubblica

- L'interfaccia pubblica va definita con molta cura perchè fornisce gli strumenti con cui possiamo elaborare l'informazione contenuta negli oggetti istanziati con la classe
- Il nome dei metodi deriva generalmente da verbi che descrivono le azioni effettuate dai metodi stessi
- Nel caso della nostra esercitazione l'interfaccia pubblica è già definita

2. Definire la parte privata

- Scegliere con cura le variabili di esemplare in cui viene memorizzata l'informazione (i dati) associata agli oggetti della classe
- Realizzazioni diverse della stessa classe possono avere parti private differenti, ma devono avere la stessa interfaccia pubblica!!!

Progettare la classe: parte privata

- ❑ La classe memorizza un testo suddiviso in righe
- ❑ Una soluzione semplice è di realizzare la parte privata tramite un **array di riferimenti a stringa** nel quale ciascun elemento è un riferimento a una riga del testo
- ❑ L'elemento dell'array di indice zero sarà la prima riga, l'elemento di indice 1 la seconda riga, e così via
- ❑ Quanti elementi avrà il nostro array? A priori non sappiamo quante righe dobbiamo memorizzare, quindi realizzeremo un **array riempito parzialmente a ridimensionamento dinamico**

Progettare la classe: parte privata

```
/**
contenitore di testo. Classe non ottimizzata
@author Adriano Luchetta
@version 28-Ott-2003
*/
import java.util.Scanner;
public class TextContainer
{
    //parte privata
    private String[] line; /* riferimento ad
                             array */
    private int lineSize; /* numero di elementi
                             già inseriti
                             nell'array */
}
```

Commento standard javadoc

Riferimento ad array di String

array riempito solo in parte

Progettare la classe: costruttori

- ❑ Il costruttore inizializza le variabili di esemplare
- ❑ Generalmente, se non e' noto il numero di elementi da memorizzare nell'array, si inizia con un elemento
- ❑ Un costruttore che crea un contenitore vuoto fa al nostro caso

```
/**
costruttore del contenitore di testo
*/
public TextContainer()
{
    line = new String[1]; // un elemento!
    lineSize = 0;         // vuoto
}
```

Commento
standard javadoc

Allocazione Array!

Numero di elementi già
inseriti nell'array

Progettare la classe: metodo add()

```
/**
inserisce una riga nel contenitore di testo
@param aLine la riga da inserire
*/
public void add(String aLine)
{
    // Array dinamico: ridimensionare line[]
    if (lineSize >= line.length)
    {
        String[] newLine = new String[2 *
            line.length]; //raddoppio elementi
        for (int i = 0; i < line.length; i++)
            newLine[i] = line[i];
        line = newLine;
    }
    // inserimento di String aLine
    line[lineSize] = aLine;
    // incremento del contatore
    lineSize++;
}
}
```

Commento standard javadoc

Array dinamico

Metodo isEmpty()

- ❑ Metodo predicativo: significa che ritorna un valore boolean

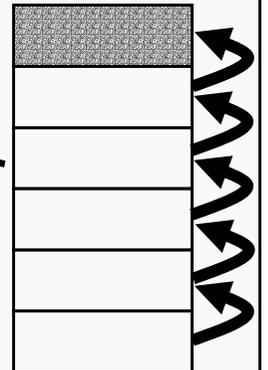
Commento
standard javadoc

```
/**  
verifica se il contenitore e' vuoto  
@return true se il contenitore e' vuoto,  
altrimenti false  
*/  
public boolean isEmpty()  
{  
    return lineSize == 0; //espress. logica  
}
```

Metodo remove()

Commento
standard javadoc

```
/**
 * estraee la prima riga del testo
 * @return la prima riga del testo se il
 * contenitore non e' vuoto, altrimenti null
 * NB: ad ogni estrazione si ridimensiona
 * l'array!
 */
public String remove()
{
    if (isEmpty())
        return null;
    //appoggio temp. dell'elemento di indice 0
    String tmpString = line[0];
    // eliminazione dell'elemento di indice 0
    for (int i = 0; i < lineSize-1; i++)
        line[i] = line[i+1];
    lineSize--; //decremento
    return tmpString;
}
```

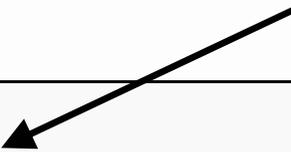


Metodo replace()

- ❑ Il metodo deve scandire tutte le righe memorizzate per cercare la parola **String find** (la classe `TextContainer` memorizza righe, non singole parole)
- ❑ Il metodo deve essere in grado di suddividere le singole righe in parole e di individuare l'eventuale presenza della parola **String find**
- ❑ Nel caso trovi la parola **String find** deve sostituirla con **String replacement**, incrementare il contatore delle sostituzioni, inserire nell'array la riga modificata

Metodo replace()

Commento
standard javadoc



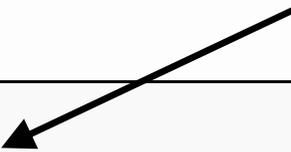
```
/**
sostituisce nel testo una parola con un'altra
@param find la parola da sostituire
@param replacement la parola sostitutiva
@return il numero di sostituzioni eseguite
@throws IllegalArgumentException se uno dei
    parametri e' null
*/
public int replace(String find, String
    replacement)
{
    if (find == null || replacement == null)
        throw new IllegalArgumentException();
    int count = 0; // contatore parole
                    //      sostituite
//continua
```

Ciclo for per scandire le righe del testo

```
for (int i = 0; i < lineSize; i++)
{
    Scanner st = new Scanner(line[i]);
    String tmpLine = "";
    boolean found = false;
    while (st.hasNext()) // separazione in token
    {
        String token = st.next();
        if (token.equals(find))
        {
            token = replacement;
            count++; // incremento contatore delle sost.
            found = true;
        }
        tmpLine = tmpLine + token + " ";
    }
    if (found)
        line[i] = tmpLine;
}
return count;
} // fine metodo
} // fine classe
```

Metodo toString()

Commento
standard javadoc



```
/**
 * sostituisce la descrizione testuale
 * @return descrizione testuale
 */
public String toString()
{
    String ret = "";
    for (int i = 0; i < lineSize; i++)
        ret = ret + line[i] + "\n";

    return ret;
}
```

Una classe di prova

- ❑ Programmiamo una classe di prova `TextContainerTester` che acquisisca da standard input un testo
- ❑ Se riceve da riga di comando come argomenti due parole, le usi per ricerca/sostituzione nel testo
- ❑ Sostituisca nel testo, eventualmente, la prima parola ricevuta da riga di comando con la seconda
- ❑ Invi il testo allo standard output, eventualmente modificato
- ❑ Useremo la classe di prova per leggere un testo da file mediante re-indirizzamento dello standard input, modificare il testo e scriverlo su un nuovo file usando il re-indirizzamento dello standard output.

❑ In alternativa a scrivere la classe di prova `TextContainerTester` è possibile rendere la classe `TextContainer` eseguibile, realizzando all'interno il metodo `main()`

Una classe di prova

```
import java.util.Scanner;
public class TextContainerTester
{
    public static void main(String[] args)
    { //standard input
        Scanner in = new Scanner(System.in);

        //istanza oggetto di classe TextContainer
        TextContainer text = new TextContainer();

        //legge il testo da standard input
        while(in.hasNextLine())
        {
            String str = in.nextLine();
            text.add(str);
        }

        System.out.println(text);

        // continua
```

Una classe di prova

```
//continuazione

//sostituzione parola
int n = 0;
if (args.length > 1) // se ci sono almeno 2 arg.
    n = text.replace(args[0], args[1]);

//invio a standard output
while(!text.isEmpty())
    System.out.println(text.remove());

System.out.println("\nn. " + n +
    " sostituzioni effettuate");
}
} //Fine TextContainerTester
```

Provare una classe

□ In alternativa alla classe di prova, si può rendere la classe eseguibile programmando il metodo `main()` nella classe

```
import ...; // import necessari
public class TextContainer // ora la classe e' eseguibile
{
    ...// qui va il corpo della classe programmato precedentemente
    public static void main(String[] args)
    {
        //standard input
        Scanner in = new Scanner(System.in);
        //istanza oggetto di classe TextContainer
        TextContainer text = new TextContainer();
        //legge il testo da standard input
        while(in.hasNextLine())
            text.add(in.nextLine());
        //sostituzione parola
        int n = 0;
        if (args.length > 1) // se ci sono almeno 2 arg.
            n = text.replace(args[0], args[1]);
        //invio a standard output
        while(!text.isEmpty())
            System.out.println(text.remove());
        System.out.println("\nn. " + n + " sostituzioni"
            + "effettuate");
    }
} //Fine TextContainer
```

Lezione XIX
Me 26-Ott-2005

Gestione di file in java

Gestione di file in Java

- Finora abbiamo visto programmi Java che interagiscono con l'utente soltanto tramite i flussi standard di ingresso e di uscita (System.in, .out)
 - ciascuno di tali flussi può essere collegato a un file con un comando di sistema operativo (re-indirizzamento)
- Ci chiediamo: è possibile leggere e scrivere file in un programma Java?
 - con la re-direzione di input/output, ad esempio, non possiamo leggere da due file o scrivere su due file...

Gestione di file in Java

- Limitiamoci inizialmente ad affrontare il problema della *gestione di file di testo* (file contenenti caratteri)
- In un file di testo i numeri vengono memorizzati come stringhe di caratteri numerici decimali e punti: 123.45 diventa “123.45”
 - esistono anche i *file binari*, che contengono semplicemente configurazioni di bit (byte) che rappresentano qualsiasi tipo di dati. Nei file binari i numeri sono memorizzati con la loro rappresentazione numerica. Es.: l'intero 32 diventa la sequenza di 4 byte
00000000 00000000 00000000 00100000
- La gestione dei file avviene interagendo con il sistema operativo mediante classi del pacchetto **java.io** della libreria standard

Gestione di file in Java

- ❑ Per leggere/scrivere file di testo si usano oggetti istanziati con le classi
 - **java.io.FileReader**
 - **java.io.FileWriter**
- ❑ In generale le classi **reader** e **writer** sono in grado di gestire flussi di caratteri
- ❑ Per leggere/scrivere file binari si usano oggetti delle classi
 - **java.io.InputStream**
 - **java.io.OutputStream**
- ❑ In generale le classi con suffisso *Stream* sono in grado di gestire flussi di byte

Lettura di file di testo

- Prima di *leggere caratteri* da un file (esistente) occorre *aprire* il file in *lettura*
 - questa operazione si traduce in Java nella creazione di un oggetto di tipo **FileReader**

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

- il costruttore necessita del nome del file sotto forma di stringa: "**file.txt**"
- se il file non esiste, viene lanciata l'eccezione **FileNotFoundException** a gestione obbligatoria

Lettura di file di testo

- ❑ Con l'oggetto di tipo **FileReader** si può invocare il metodo **read()** che restituisce un intero a ogni invocazione, iniziando dal primo carattere del file e procedendo fino alla fine del file stesso

```
FileReader reader = new FileReader("file.txt");
while(true)
{
    int x = reader.read(); // read restituisce un
    if (x == -1) break;    // intero che vale -1
    char c = (char) x;     // se il file è finito
    // elabora c
} // il metodo lancia IOException, da gestire
```

- ❑ Non è possibile tornare indietro e rileggere caratteri già letti
 - bisogna creare un nuovo oggetto di tipo **FileReader**

Letture con buffer

- In alternativa, si può costruire un'esemplare della classe **Scanner**, con il quale leggere righe di testo dal file

```
FileReader reader = new FileReader("file.txt");
Scanner in = new Scanner(reader);
while(in.hasNextLine())
{
    String line = in.nextLine();
    ... // elabora
}
// FileReader lancia FileNotFoundException,
// da gestire
```

- Quando il file finisce, il metodo `hasNext()` della classe `BufferedReader` ritorna **false!**

Lettura di file di testo

- ❑ Al termine della lettura del file (che non necessariamente deve procedere fino alla fine...) occorre *chiudere* il file

```
FileReader reader = new FileReader("file.txt");  
...  
reader.close();
```

- ❑ Il metodo `close()` lancia **IOException**, da gestire obbligatoriamente
- ❑ Se il file non viene chiuso non si ha un errore, ma una potenziale situazione di instabilità per il sistema operativo



Scrittura di file di testo

- Per scrivere caratteri in un *file di testo* occorre *aprire* il file in scrittura

Java 1.5

- questa operazione si traduce in Java nella creazione di un oggetto di tipo **PrintWriter**

```
PrintWriter writer = new PrintWriter("file.txt");
```

- il costruttore necessita del nome del file sotto forma di stringa e può lanciare l'eccezione **IOException**, che deve essere gestita
 - ✓ *se il file non esiste, viene creato*
 - ✓ *se il file esiste, il suo contenuto viene sovrascritto con i nuovi contenuti*
 - ✓ *e se vogliamo aggiungere in coda al file senza cancellare il testo già contenuto?*

boolean append

```
FileWriter writer = new  
    FileWriter("file.txt", true);  
PrintWriter out = new PrintWriter(writer);
```

Scrittura di file di testo

- ❑ Al termine della scrittura del file occorre *chiudere* il file

```
PrintWriter out = new PrintWriter("file.txt");  
...  
out.close();
```

- ❑ Anche questo metodo lancia **IOException**, da gestire obbligatoriamente
- ❑ *Se non viene invocato non si ha un errore, ma è possibile che la scrittura del file non venga ultimata prima della terminazione del programma, lasciando il file incompleto*

Esempio: Copiare un file di testo

```
/**
 * Copial.java copia un file di testo una riga alla volta
 * I nomi dei file sono passati come parametri dalla
 * riga di comando
 */
import java.io.IOException;
import java.io.FileReader;
import java.io.PrintWriter;
import java.util.Scanner;
public class Copial
{ public static void main (String[] args) throws
  IOException
  {
    FileReader reader = new FileReader(args[0]);
    Scanner in = new Scanner(reader);
    PrintWriter out = new PrintWriter(args[1]);

    while (in.hasNextLine())
      out.println(in.nextLine());
    out.close(); //chiusura scrittore
    in.close(); //chiusura lettore
  }
}
```

Copiare a caratteri un file di testo

```
/** Copia2.java -- copia un file di testo un carattere
    alla volta
    I nomi dei file sono passati come argomenti nella
    riga di comando
    Fare attenzione a non cercare di copiare un file
    binario con questo programma
 */
import java.io.FileReader;
import java.io.FileWriter;
import java.io.IOException;
public class Copia2
{ public static void main (String[] arg) throws
  IOException
  { FileReader in = new FileReader(arg[0]);
    FileWriter out = new FileWriter(arg[1]);
    int c = 0;
    while ((c = in.read()) != -1)
      out.write(c);
    out.close(); //chiusura scrittura
    in.close();  //chiusura lettore
  }
}
```

Esempio: numerare le righe

```
/**
 NumeratoreRighe.java crea la copia di un file di testo
 numerandone le righe. I nomi dei file sono passati
 come parametri dalla riga di comando
 */
import java.io.IOException;
import java.io.FileReader;
import java.io.PrintWriter;
import java.util.Scanner;
public class NumerareRighe
{ public static void main (String[] args) throws
    IOException
    {
        FileReader reader = new FileReader(args[0]);
        Scanner in = new Scanner(reader);
        PrintWriter out = new PrintWriter(args[1]);
        int numRiga = 0;
        while (in.hasNextLine())
        { numRiga++;
          out.println(numRiga + " " + in.nextLine());
        }
        out.close(); //chiusura scrittore
        in.close(); //chiusura lettore
    }
}
```

Lettura di file binari

- Prima di *leggere byte* da un file (esistente) occorre *aprire* il file in *lettura*
 - questa operazione si traduce in Java nella creazione di un oggetto di tipo **FileInputStream**

```
FileInputStream inputStream = new  
FileInputStream("file.dat");
```

- il costruttore necessita del nome del file sotto forma di stringa
- se il file non esiste, viene lanciata l'eccezione **FileNotFoundException** che deve essere gestita

Lettura di file binari

- Con l'oggetto di tipo **FileInputStream** si può invocare il metodo **read()** che restituisce un *intero* (fra 0 e 255 o -1) a ogni invocazione, iniziando dal primo byte del file e procedendo fino alla fine del file stesso

```
FileInputStream in = new
    FileInputStream("file.txt");
while(true)
{   int x = in.read();           // read restituisce un
    if (x == -1) break;         // intero che vale -1
    byte b = (byte) x;          // se il file è finito
    // elabora b
} // il metodo lancia IOException, da gestire
```

- Non è possibile tornare indietro e rileggere caratteri già letti
 - bisogna creare un nuovo oggetto di tipo **FileInputStream** 69

Scrittura di file binari

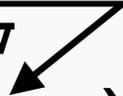
- Prima di scrivere byte in un *file binario* occorre *aprire* il file in scrittura
 - questa operazione si traduce in Java nella creazione di un oggetto di tipo **FileOutputStream**

```
FileOutputStream outputStream = new  
FileOutputStream("file.txt");
```

- il costruttore necessita del nome del file sotto forma di stringa e può lanciare l'eccezione **IOException**, che deve essere gestita
 - ✓ *se il file non esiste, viene creato*
 - ✓ *se il file esiste, il suo contenuto viene sovrascritto con i nuovi contenuti*
 - ✓ *e se vogliamo aggiungere in coda al file senza cancellare il testo già contenuto?*

```
FileOutputStream outputStream = new  
FileOutputStream("file.txt", true);
```

boolean append



Scrittura di file binario

- ❑ L'oggetto di tipo **FileOutputStream** ha il metodo `write()` che scrive un byte alla volta
- ❑ Al termine della scrittura del file occorre *chiudere* il file

```
FileOutputStream outputStream = new  
    FileOutputStream("file.txt");  
...  
outputStream.close();
```

- ❑ Anche questo metodo lancia **IOException**, da gestire obbligatoriamente
- ❑ *Se non viene invocato non si ha un errore, ma è possibile che la scrittura del file non venga ultimata prima della terminazione del programma, lasciando il file incompleto* 1

Gestione di file in Java

□ Usando le classi

- *FileReader* e *FileWriter* del pacchetto **java.io** è possibile manipolare, all'interno di un programma Java, più *file di testo* in lettura e/o più file in scrittura
- *FileInputStream* e *FileOutputStream* del pacchetto **java.io** è possibile manipolare, all'interno di un programma Java, più *file binari* in lettura e/o più file in scrittura
- I metodi `read()` e `write()` di queste classi sono gli unici metodi basilari di lettura/scrittura su file della libreria standard
- Per elaborare linee di testo (o addirittura interi oggetti in binario) i flussi e i lettori devono essere combinati con altre classi, ad esempio `Scanner` o `PrintWriter`

Copiare un file binario

```
/**
 * Copia3.java - copia un file binario un byte alla volta
 */
import java.io.FileInputStream;
import java.io.FileOutputStream;
import java.io.IOException;
public class Copia3
{
    public static void main (String[] arg) throws
        IOException
    {
        FileInputStream in = new FileInputStream(arg[0]);
        FileOutputStream out = new
            FileOutputStream(arg[1]);
        int c = 0;
        while ((c = in.read()) != -1)
            out.write(c);
        out.close(); //chiusura scrittore
        in.close();  //chiusura lettore
    }
}
```

Fine riga e EOF

Che cosa è il *fineriga*?

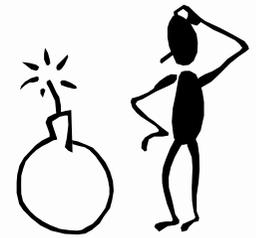
- ❑ Un file di testo è un file composto da caratteri (nel nostro caso da caratteri di un byte secondo la codifica ASCII)
- ❑ Il file è diviso in *righe* cioè in sequenze di caratteri terminati dalla *stringa fineriga*
- ❑ Il *fineriga* dipende dal sistema operativo
 - “\r\n” Windows
 - “\n” Unix – Linux
 - “\r” MAC OS
- ❑ L’uso di un Scanner e del metodo `nextLine()` in ingresso, di un `PrintWriter` e del metodo `println()` in uscita, consentono di ignorare il problema della dipendenza del *fineriga* dall’ambiente in cui un’applicazione è utilizzata
- ❑ Se si elabora un file di testo un carattere alla volta è necessario gestire le differenze fra i diversi ambienti, in particolare il fatto che in due casi la stringa *fineriga* è di un carattere e nell’altro è composta da due caratteri

Che cosa è l'*End Of File* (EOF)

- ❑ La fine di un file (EOF) corrisponde alla fine dei dati che compongono il file
- ❑ L'EOF non è un carattere contenuto nel file!
- ❑ La condizione di EOF viene segnalata quando si cerca di leggere un byte o un carattere dopo la fine fisica del file

Errori tipici con i metodi e con i costruttori

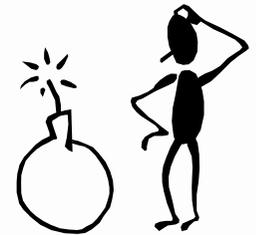
Invocare un metodo senza oggetto



```
public class Program
{
    public static void main(String[] args)
    {
        BankAccount account = new BankAccount();
        deposit(500); // ERRORE
    }
}
```

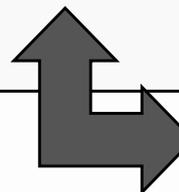
- ❑ In questo caso il compilatore non è in grado di compilare la classe **Program**, perché non sa a quale oggetto applicare il metodo **deposit**, che non è un metodo statico e quindi richiede un riferimento a un oggetto da usare come parametro implicito

Invocare un metodo senza oggetto



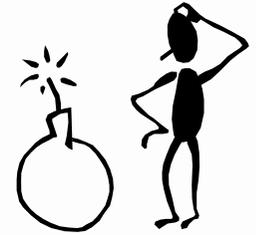
- ❑ Ci sono, però, casi in cui è ammesso (ed è *pratica molto comune!*) invocare metodi non statici senza specificare un riferimento ad oggetto
- ❑ Questo accade quando si invoca *un metodo non statico* di una classe da *un altro metodo non statico della stessa classe*
 - viene usato il parametro implicito **this**

```
public void withdraw(double amount)
{
    balance = getBalance() - amount;
}
```



```
this.getBalance()
```

Tentare di *ricostruire* un oggetto



- ❑ A volte viene la tentazione di *invocare un costruttore su un oggetto già costruito* con l'obiettivo di *riportarlo alle condizioni iniziali*

```
BankAccount account = new BankAccount();  
account.deposit(500);  
account.BankAccount(); // NON FUNZIONA!
```

- ❑ Il messaggio d'errore è un po' strano... il compilatore cerca un *metodo* **BankAccount**, non un *costruttore*, e naturalmente non lo trova!

```
cannot resolve symbol  
symbol   : method BankAccount ()  
location : class BankAccount
```

Tentare di *ricostruire* un oggetto

- ❑ Un costruttore crea un *nuovo oggetto* con prefissate condizioni iniziali
 - un costruttore può essere invocato *soltanto* con l'operatore **new**
- ❑ La soluzione è semplice
 - *assegnare un nuovo oggetto alla variabile oggetto che contiene l'oggetto che si vuole “ricostruire”*

```
BankAccount account = new BankAccount();  
account.deposit(500);  
account = new BankAccount();
```

Metodi statici

- ❑ Metodi statici: non operano su variabili di esemplare, ma solo sui parametri espliciti ed, eventualmente, su variabili statiche
- ❑ L'invocazione del metodo avviene

Con la sintassi

```
NomeClasse.nomeMetodo();
```

per i metodi pubblici invocati al di fuori della classe in cui sono definiti

```
Math.exp(2.5);
```

Con la sintassi

```
nomeMetodo();
```

all'interno della classe dove sono definiti.

Metodi di esemplare (non-statici)

❑ Metodi non-statici o di esemplare: operano su variabili di esemplare della classe, oltre a operare sui parametri espliciti e variabili statiche

❑ L'invocazione del metodo avviene

- con l'istanza di un oggetto della classe in cui sono definiti

```
oggetto.nomeMetodo();
```

```
System.out.println();
```

- il riferimento all'oggetto con cui viene effettuata l'invocazione diventa internamente il parametro implicito **this**

❑ Possono essere invocati all'interno della classe dove sono definiti con la sintassi:

```
nomeMetodo();
```

❑ In questo caso operano sul parametro implicito e' **this**.

```
public Complex div(Complex z)
{ return this.mult(z.inv()); }
// this puo essere omissa
```

Metodi di esemplare e statici

- ❑ La classe `DynamicStringArray1` seguente usa il metodo di esemplare

```
private String[] resize(int newLength)
```

per ridimensionare un array definito come variabile di esemplare:

- Il riferimento all'array da ridimensionare e' memorizzato nella variabile d'istanza line che e' visibile nel metodo
- Il metodo ritorna il riferimento al nuovo array
- Il metodo `add()` illustra come si invoca il metodo di istanza `resize()`

- ❑ La classe `DynamicStringArray2` seguente usa il metodo statico

```
private static String[] resize(String[] oldArray,  
int newLength)
```

per ridimensionare un array:

- Il riferimento all'array da ridimensionare e' passato come parametro esplicito del metodo
- Il metodo ritorna il riferimento al nuovo array
- Il metodo `add()` illustra come si invoca il metodo di istanza `resize()`

```

public class DynamicStringArray1
{ private String[] line; // variabile di istanza
  private int lineSize; // variabile di istanza
  // costruttore
  public DynamicStringArray1()
  { line = new String[1];
    lineSize = 0;
  }
  // usa un metodo di esemplare per ridimensionare
  public void add(String aLine)
  { if (lineSize >= line.length)
    line = resize(2 * line.length);
    line[lineSize] = aLine;
    lineSize++;
  }
  // ridimensiona l'array: metodo d'esemplare
  private String[] resize(int newLength)
  { String[] newArray = new String[newLength];
    int n = line.length;
    if (newLength < n)
      n = newLength;
    for (int i = 0; i < n; i++)
      newArray[i] = line[i];
    return newArray;
  }
} /* esempio di classe che usa un metodo
   di esemplare privato */

```

```

public class DynamicStringArray2
{ private String[] line; // variabile di istanza
  private int lineSize; // variabile di istanza
  // costruttore
  public DynamicStringArray2()
  { line = new String[1];
    lineSize = 0;
  }
  // usa un metodo statico per ridimensionare
  public void add(String aLine)
  { if (lineSize == line.length)
    { line = resize(line, 2 * line.length);
      line[lineSize] = aLine;
      lineSize++;
    }
  }
  // ridimensiona l'array: metodo statico
  private static String[] resize(String[] oldArray,
                                 int newLength)
  { String[] newArray = new String[newLength];
    int n = oldArray.length;
    if (newLength < n)
      n = newLength;
    for (int i = 0; i < n; i++)
      newArray[i] = oldArray[i];
    return newArray;
  }
} /* esempio di classe che usa un metodo
   di esemplare privato */

```

Lezione XX
Gi 27-Nov-2005

Array paralleli

Array paralleli

- ❑ Scriviamo un programma che riceve in ingresso un elenco di dati che rappresentano
 - i nomi di un insieme di studenti
 - il voto della prova scritta
 - il voto della prova orale
- ❑ I dati di ciascun studente sono inseriti in una riga separati da uno spazio
- ❑ prima il nome, poi il voto scritto, poi il voto orale
- ❑ I dati sono terminati da una riga vuota
- ❑ Aggiungiamo le seguenti funzionalità
 - il programma chiede all'utente di inserire un comando per identificare l'elaborazione da svolgere
 - ✓ 0 significa “termina il programma”
 - ✓ 1 significa “visualizza la media dei voti di uno studente”
- ❑ il programma chiede all'utente di inserire il cognome di uno studente, se necessario (cioè nel caso 1)

Soluzione OOP

```
class Student
{
    private String name;           // nome
    private double wMark;         // voto prova scritta
    private double oMark;         // voto prova orale

    public Student(String aName, double aWMark,
                    double aOMark)
    {
        name = aName;
        wMark = aWMark;
        oMark = aOMark;
    }

    public String getName() { return name; }
    public double getWMark() { return wMark; }
    public double getOMark() { return oMark; }
}
```

```
import java.util.Scanner;
import java.util.Locale;
public class ExaminationOOP
{ public static void main(String[] args)
  {
    Student[] students = new Student[10];
    int studentsSize = 0;

    Scanner in = new Scanner(System.in);

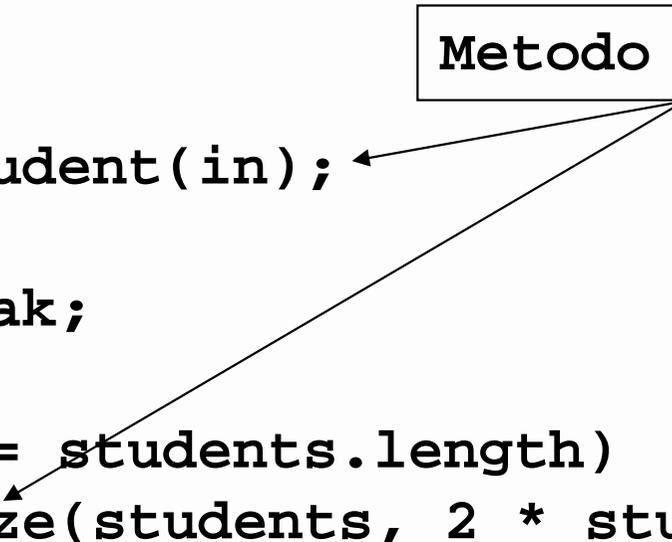
    while (true)
    { Student s = readStudent(in);

      if (s == null) break;

      if (studentsSize >= students.length)
        students = resize(students, 2 * studentsSize);

      students[studentsSize] = s;
      studentsSize++;
    }
  }
}
```

Metodo privato



Soluzione OOP

```
while (true)
{ System.out.println("Comando?");
  int command = in.nextInt();

  if (command == 0) break;

  if (command == 1)
  { System.out.println("nome?");
    String name = in.next();

    printAverage(students, name, studentsSize);
  }
  else
    System.out.println("Comando errato");
}
}
```

Metodo privato



Soluzione OOP

```
/* Acquisisce uno studente da flusso di dati
   ritorna null se il flusso di dati e' finito */
private static Student readStudent(Scanner input)
{ final String END_OF_DATA = "";

  String line = END_OF_DATA;
  if (input.hasNextLine())
    line = input.nextLine();

  if (line.equalsIgnoreCase(END_OF_DATA))
    return null;

  Scanner st = new Scanner(line);
  st.useLocale(Locale.US);

  String nameTmp = st.next();
  double wMarkTmp = st.nextDouble();
  double oMarkTmp = st.nextDouble();
  return new Student(nameTmp, wMarkTmp, oMarkTmp);
}
```

Soluzione OOP

```
/* Stampa la media di uno studente
   @param students l'array di studenti
   @param name nome dello studente
   @param size numero degli studenti
*/
private static void printAverage(Student[] students,
                                 String name, int size)
{
    int i = findName(students, name, size);
    if (i == -1)
        throw new IllegalArgumentException();
    else
    { double avg = (students[i].getWMark()
                  + students[i].getOMark()) / 2;
      System.out.println(name + " " + avg);
    }
}
```

Soluzione OOP

```
/* Trova l'indice dell'array corrispondente a uno
   studente
   @param students l'array di studenti
   @param name nome dello studente
   @param count numero degli studenti
   @return l'indice se lo studente e' presente,
           -1 altrimenti
*/
private static int findName(Student[] students,
                             String name, int count)
{
    for (int i = 0; i < count; i++)
        if (students[i].getName().equals(name))
            return i;

    return -1;
}
```

Soluzione OOP

```
/* il solito metodo resize()... */

private static Student[] resize(Student[] oldArray,
                                int newLength)
{
    int n = oldArray.length < newLength ?
        oldArray.length : newLength;

    Student[] newArray = new Student[n];
    for (int i = 0; i < n; i++)
        newArray[i] = oldArray[i];

    return newArray;
}
} // fine della classe Examinationt
```

```

import java.util.*;
public class Examination
{ public static void main(String[] args)
  {String line = END_OF_DATA;
   String[] names = new String[10]; // array paralleli
   double[] wMarks = new double[10];
   double[] oMarks = new double[10];
   int size = 0; // array riempiti solo in parte
   Scanner in = new Scanner(System.in);
   while (true)
   {
     if (in.hasNextLine()) line = in.nextLine();
     if (line.equalsIgnoreCase(END_OF_DATA)) break;

     if (size >= names.length)
     { names = resize(names, size * 2);
       wMarks = resize(wMarks, size * 2);
       oMarks = resize(oMarks, size * 2);
     }
     Scanner st = new Scanner(line);
     st.useLocale(Locale.US);
     names[size] = st.next();
     wMarks[size] = st.nextDouble();
     oMarks[size] = st.nextDouble();
     size++;
   }
}

```

Array paralleli

Array paralleli

```
while (true)
{
    System.out.print("Comando: \n- 0 termina il"
        + " programma \n- 1 calcola la media \ncomando? ");

    int command = in.nextInt();

    if (command == 0)
        break;

    if (command == 1)
    {
        System.out.print("nome?: ");
        String name = in.next();
        printAverage(names, wMarks, oMarks, name, size);
    }
    else
        System.out.println("Comando errato");
}
}
```

Array paralleli

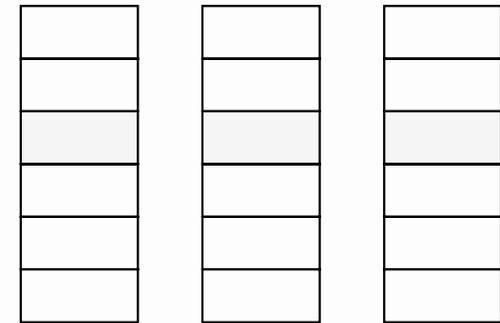
```
private static void printAverage (String[] names,  
                                  double[] wMarks,  
                                  double[] oMarks,  
                                  String name,  
                                  int count)  
{  
    int i = findName(names, name, count);  
  
    if (i == -1)  
        throw new IllegalArgumentException();  
    else  
    { double avg = (wMarks[i] + oMarks[i]) / 2;  
      System.out.println(name + " " + avg);  
    }  
}  
  
private static int findName(String[] names,  
                             String name, int count)  
{ for (int i = 0; i < count; i++)  
  if (names[i].equals(name))  
    return i;  
  return -1;  
}
```

Array paralleli

```
/* il solito metodo resize()... */
private static String[] resize(String[] oldArray,
                               int newLength)
{
    int n = oldArray.length < newLength ?
            oldArray.length : newLength;
    String[] newArray = new String[n];
    for (int i = 0; i < n; i++)
        newArray[i] = oldArray[i];
    return newArray;
}

/* un altro solito metodo resize()... */
private static double[] resize(double[] oldArray,
                               int newLength)
{
    int n = oldArray.length < newLength ?
            oldArray.length : newLength;
    double[] newArray = new double[n];
    for (int i = 0; i < n; i++)
        newArray[i] = oldArray[i];
    return newArray;
}
}
```

Array paralleli



- L'esempio presentato usa una struttura dati denominata “*array paralleli*”
 - si usano *diversi array* per contenere i dati del problema, ma gli array sono tra loro *fortemente correlati*
 - ✓ devono sempre contenere lo *stesso numero di elementi*
 - *elementi aventi lo stesso indice* nei diversi array *sono tra loro correlati*
 - ✓ in questo caso, rappresentano *diverse proprietà dello stesso studente*
 - molte elaborazioni hanno bisogno di *utilizzare tutti gli array*, che devono quindi essere passati come parametri come nel caso del metodo **printAverage()**

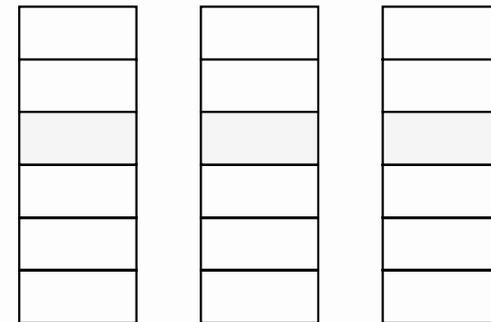
Array paralleli

- Le strutture dati di tipo “array paralleli” sono molto usate in linguaggi di programmazione **non OOP**, ma presentano *numerosi svantaggi* che possono essere superati in un linguaggio OOP come Java
 - le modifiche alle dimensioni di un array devono essere fatte contemporaneamente a tutti gli altri
 - i metodi che devono elaborare gli array devono avere una lunga lista di parametri espliciti
 - non è semplice scrivere metodi che devono ritornare informazioni che comprendono tutti gli array
- *nel caso presentato, ad esempio, non è semplice scrivere un metodo che realizzi tutta la fase di input dei dati, perché tale metodo dovrebbe avere come valore di ritorno i tre array!*

Array paralleli in OOP

- ❑ Le tecniche di OOP consentono di gestire molto più efficacemente le strutture dati di tipo “array paralleli”
- ❑ Si definisce una classe che contiene tutte le informazioni relative a “una fetta” degli array, cioè raccolga tutte le informazioni presenti nei diversi array in relazione a un certo indice

```
class Student
{
    private String name;
    private double wMark;
    private double oMark;
}
```



Non usare array paralleli

- ❑ Tutte le volte in cui il problema presenta una struttura dati del tipo “array paralleli”, si consiglia di *trasformarla in un array di oggetti*
 - occorre realizzare la classe con cui costruire gli oggetti
- ❑ Risulta molto più facile scrivere il codice e, soprattutto, apportare modifiche
- ❑ Immaginiamo di introdurre un'altra informazione per gli studenti (ad esempio il numero di matricola)
 - nel caso degli array paralleli è necessario *modificare le firme di tutti i metodi*, per introdurre il nuovo array
 - nel caso dell'array di oggetti **Student**, basta modificare la classe **Student**

Ricorsione

Il calcolo del fattoriale

□ La funzione fattoriale, molto usata nel calcolo combinatorio, è così definita

$$f: \mathcal{N} \rightarrow \mathcal{N}$$

$$n! = \begin{cases} 1 & \text{se } n = 0 \\ n(n-1)! & \text{se } n > 0 \end{cases}$$

dove n è un numero intero non negativo

Il calcolo del fattoriale

□ Vediamo di capire cosa significa...

$$0! = 1$$

$$1! = 1(1-1)! = 1 \cdot 0! = 1 \cdot 1 = 1$$

$$2! = 2(2-1)! = 2 \cdot 1! = 2 \cdot 1 = 2$$

$$3! = 3(3-1)! = 3 \cdot 2! = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6$$

$$4! = 4(4-1)! = 4 \cdot 3! = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 24$$

$$5! = 5(5-1)! = 5 \cdot 4! = 5 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1 = 120$$

□ Quindi, per ogni n intero positivo, il fattoriale di n è il prodotto dei primi n numeri interi positivi

Il calcolo del fattoriale

- Scriviamo un metodo statico per calcolare il fattoriale

```
public static int factorial(int n)
{
    if (n < 0)
        throw new IllegalArgumentException();

    if (n == 0)
        return 1;

    int prod = 1;
    for (int i = 2; i <= n; i++)
        prod = prod * i;

    return prod;
}
```

Il calcolo del fattoriale

- ❑ Fin qui, nulla di nuovo... però abbiamo dovuto fare un'analisi matematica della definizione per scrivere l'algoritmo
- ❑ Realizzando direttamente la definizione, sarebbe stato più naturale scrivere

```
public static int factorial(int n)
{
    if (n < 0)
        throw new IllegalArgumentException();

    if (n == 0)
        return 1;

    return n * factorial(n - 1);
}
```

Il calcolo del fattoriale

```
public static int factorial(int n)
{
    if (n < 0)
        throw new IllegalArgumentException();
    if (n == 0)
        return 1;

    return n * factorial(n - 1);
}
```

- ❑ Si potrebbe pensare: “Non è possibile *invocare un metodo* mentre si esegue *il metodo stesso!*”
- ❑ Invece, come è facile verificare scrivendo un programma che usi **factorial()**, questo è lecito in Java, così come è lecito in quasi tutti i linguaggi di programmazione

La ricorsione

- *Invocare un metodo* mentre si esegue *lo stesso metodo* è un paradigma di programmazione che si chiama

ricorsione

e un metodo che ne faccia uso si chiama

metodo ricorsivo

- La ricorsione è uno strumento molto potente per realizzare alcuni algoritmi, ma è anche fonte di molti errori di difficile diagnosi

La ricorsione

- ❑ Per capire come utilizzare correttamente *la ricorsione*, vediamo innanzitutto *come funziona*
- ❑ Quando un metodo ricorsivo invoca se stesso, *la macchina virtuale Java esegue le stesse azioni che vengono eseguite quando viene invocato un metodo qualsiasi*
 - sospende l'esecuzione del metodo invocante
 - esegue il metodo invocato fino alla sua terminazione
 - riprende l'esecuzione del metodo invocante dal punto in cui era stata sospesa

La ricorsione

- Vediamo la sequenza usata per calcolare 3!

factorial(3) invoca factorial(2)

factorial(2) invoca factorial(1)

factorial(1) invoca factorial(0)

factorial(0) restituisce 1

factorial(1) restituisce 1

factorial(2) restituisce 2

factorial(3) restituisce 6

- Si crea una lista di metodi “in attesa”, che prima si allunga e poi si accorcia fino ad estinguersi

La ricorsione: caso base

□ Prima regola

- il metodo ricorsivo *deve fornire la soluzione del problema in almeno un caso particolare, senza ricorrere a una chiamata ricorsiva*
- tale caso si chiama *caso base* della ricorsione
- nel nostro esempio, il caso base è

```
if (n == 0)
    return 1;
```

- a volte ci sono più casi base, non è necessario che sia unico

La ricorsione: passo ricorsivo

□ Seconda regola

- il metodo ricorsivo *deve effettuare la chiamata ricorsiva dopo aver semplificato il problema*
- nel nostro esempio, per il calcolo del fattoriale di **n** si invoca la funzione ricorsivamente per conoscere il fattoriale di **n-1**, cioè per risolvere un problema più semplice

```
if (n > 0)
    return n * factorial(n - 1);
```

- il concetto di “problema più semplice” varia di volta in volta: in generale, *bisogna tendere a un caso base*

La ricorsione: un algoritmo?

- Le regole appena viste sono fondamentali per poter dimostrare che la soluzione ricorsiva di un problema sia un algoritmo
 - in particolare, che arrivi a conclusione in un numero **finito** di passi
- Si potrebbe pensare che le chiamate ricorsive si possano succedere una dopo l'altra, all'infinito

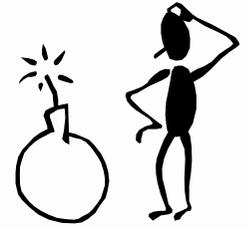
La ricorsione: un algoritmo?

□ Invece, se

- a ogni invocazione il problema diventa sempre più semplice e si avvicina al caso base
- la soluzione del caso base non richiede ricorsione

allora certamente la soluzione viene calcolata in un numero finito di passi, per quanto complesso possa essere il problema

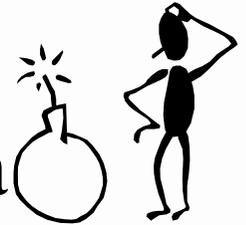
Ricorsione infinita



- Non tutti i metodi ricorsivi realizzano algoritmi
 - *se manca il caso base*, il metodo ricorsivo continua a invocare se stesso all'infinito
 - *se il problema non viene semplificato a ogni invocazione ricorsiva*, il metodo ricorsivo continua ad invocare se stesso all'infinito
- Dato che la lista dei metodi “in attesa” si allunga indefinitamente, l'ambiente runtime esaurisce la memoria disponibile per tenere traccia di questa lista e il programma termina con un errore

Ricorsione infinita

- Provare a eseguire un programma che presenta ricorsione infinita



```
public class InfiniteRecursion
{
    public static void main(String[] args)
    {
        main(args);
    }
}
```

- Il programma terminerà con la segnalazione dell'eccezione **java.lang.StackOverflowError**
 - il *runtime stack* (o java stack) è la struttura dati all'interno dell'interprete Java che gestisce le invocazioni in attesa
 - *overflow* significa *trabocco*

La ricorsione in coda

- Esistono diversi tipi di ricorsione
- Il modo visto fino a ora si chiama **ricorsione in coda** (*tail recursion*)
 - il metodo ricorsivo esegue *una sola invocazione ricorsiva* e tale invocazione è l'*ultima azione* del metodo

```
public void tail(...)  
{  
    ...  
    tail(...);  
}
```

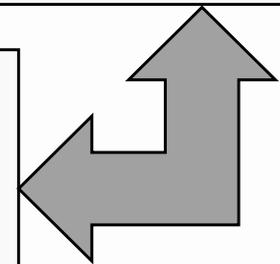
Eliminazione della ricorsione in coda

□ La ricorsione in coda può sempre essere agevolmente *eliminata*, trasformando il metodo ricorsivo in un metodo che usa un

ciclo

```
public static int factorial(int n)
{
    if (n == 0) return 1;
    else return n * factorial(n - 1);
}
```

```
public static int factorial(int n)
{
    int k = n;
    int p = 1;
    while (k > 0)
    {
        p = p * k;
        k--;
    }
    return p;
}
```



La ricorsione in coda

- ❑ Allora, a cosa serve la ricorsione in coda?
- ❑ Non è necessaria, però in alcuni casi rende il codice più leggibile
- ❑ È utile quando la soluzione del problema è esplicitamente ricorsiva (es. fattoriale)
- ❑ In ogni caso, la ricorsione in coda è *meno efficiente* del ciclo equivalente, perché il sistema deve gestire le invocazioni sospese

La ricorsione non in coda

- Se la ricorsione non è in coda, non è facile eliminarla (cioè scrivere codice non ricorsivo equivalente), però si può dimostrare che ciò è sempre possibile
 - deve essere così, perché il processore esegue istruzioni in sequenza e non può tenere istruzioni in attesa... quindi l'interprete deve farsi carico di eliminare la ricorsione (usando il runtime stack)

La ricorsione multipla

- Si parla di ricorsione multipla quando un metodo invoca se stesso più volte durante la sua esecuzione
 - la ricorsione multipla è ancora più difficile da eliminare, ma è sempre possibile
- Esempio: il calcolo dei numeri di Fibonacci

$$\text{Fib}(n) = \begin{cases} n & \text{se } 0 \leq n < 2 \\ \text{Fib}(n - 2) + \text{Fib}(n - 1) & \text{se } n \geq 2 \end{cases}$$

I numeri di Fibonacci

```
public static int fib(int n)
{
    if (n < 0)
        throw new IllegalArgumentException();
    else if (n < 2)
        return n;
    else
        return fib(n-2) + fib(n-1);
}
```

- Il metodo `fib()` realizza una ricorsione multipla

La ricorsione multipla

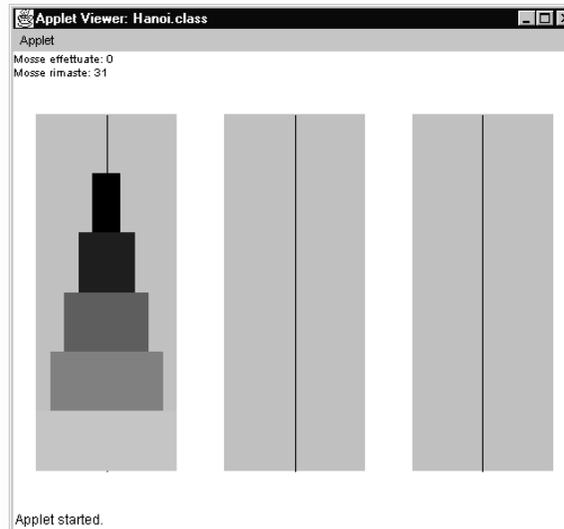
- La ricorsione multipla va usata con molta attenzione, perché può portare a programmi molto inefficienti
- Eseguendo il calcolo dei numeri di Fibonacci di ordine crescente...
 - ... si nota che il tempo di elaborazione cresce MOLTO rapidamente... quasi 3 milioni di invocazioni per calcolare fib(31) !!!!
 - più avanti quantificheremo questo problema



Esempio di Ricorsione: Torri di Hanoi

Torri di Hanoi: regole

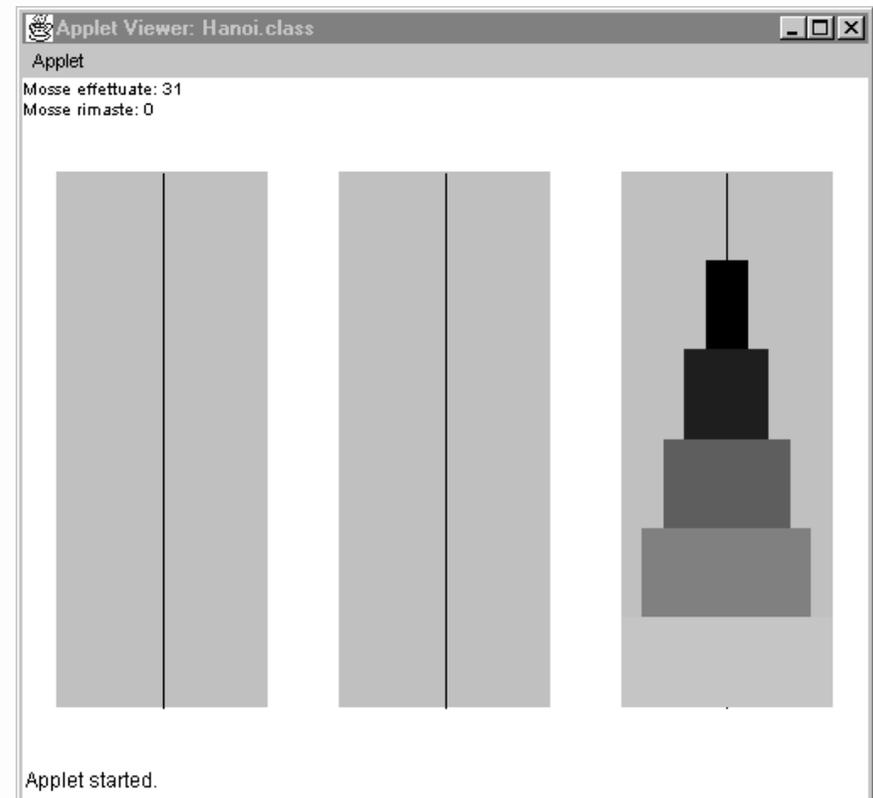
- Il rompicapo è costituito da tre pile di dischi (“torri”) allineate
 - all’inizio tutti i dischi si trovano sulla pila di sinistra
 - alla fine tutti i dischi si devono trovare sulla pila di destra
- I dischi sono tutti di dimensioni diverse e quando si trovano su una pila devono rispettare la seguente regola
 - *nessun disco può avere sopra di sé dischi più grandi*



Torri di Hanoi: regole

Situazione iniziale

Situazione finale



Torri di Hanoi: regole

- Per risolvere il rompicapo bisogna *spostare un disco alla volta*
 - un disco può essere rimosso dalla cima della torre e inserito in cima a un'altra torre
 - ✓ non può essere “parcheggiato” all'esterno...
 - in ogni momento deve essere rispettata la regola vista in precedenza
 - ✓ *nessun disco può avere sopra di sé dischi più grandi*

Algoritmo di soluzione

- ❑ Per il rompicapo delle Torri di Hanoi è noto un algoritmo di soluzione ricorsivo
- ❑ Il problema generale consiste nello spostare n dischi da una torre a un'altra, usando la terza torre come deposito temporaneo
- ❑ Per spostare n dischi da una torre all'altra si suppone di saper spostare $n-1$ dischi da una torre all'altra, come sempre si fa nella ricorsione
- ❑ Per descrivere l'algoritmo identifichiamo le torri con i numeri interi 1, 2 e 3

Algoritmo ricorsivo

- Per spostare **n** dischi dalla torre 1 alla torre 3
 - 1 gli **n-1** dischi in cima alla torre 1 vengono spostati sulla torre 2, usando la torre 3 come deposito temporaneo (si usa una chiamata ricorsiva, al termine della quale la torre 3 rimane vuota)
 - 2 il disco rimasto nella torre 1 viene portato nella torre 3
 - 3 gli **n-1** dischi in cima alla torre 2 vengono spostati sulla torre 3, usando la torre 1 come deposito temporaneo (si usa una chiamata ricorsiva, al termine della quale la torre 1 rimane vuota)
- Il **caso base** si ha quando **n** vale 1 e l'algoritmo usa il solo passo **2**, che non ha chiamate ricorsive

Algoritmo ricorsivo

□ Si può dimostrare che il numero di mosse necessarie per risolvere il rompicapo con l'algoritmo proposto è

$$2^n - 1$$

□ con n pari al numero di dischi

Soluzione delle Torri di Hanoi

```
public class Hanoi
{ public static void main(String[] args)
  {
    int n = Integer.parseInt(args[0]);
    solveHanoi(1, 3, 2, n);
  }

  private static void solveHanoi(int from,
                                  int to, int temp, int dim)
  {
    if (dim <= 0)    // caso base
      return;

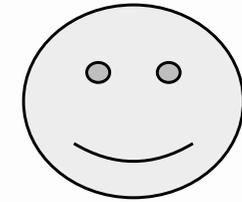
    solveHanoi(from, temp, to, dim - 1);
    System.out.println(
      "Sposta da " + from + " a " + to);
    solveHanoi(temp, to, from, dim - 1);
  }
}
```

Torri di Hanoi: n=2

```
main() chiama solveHanoi(1,3,2,2)
solveHanoi(1,3,2,2) chiama solveHanoi(1,2,3,1)
  solveHanoi(1,2,3,1) chiama solveHanoi(1,3,2,0)
  solveHanoi(1,2,3,1) stampa: Sposta da 1 a 2
  solveHanoi(1,2,3,1) chiama solveHanoi(3,2,1,0)
solveHanoi(1,3,2,2) stampa: Sposta da 1 a 3
solveHanoi(1,3,2,2) chiama solveHanoi(2,3,1,1)
  solveHanoi(2,3,1,1) chiama solveHanoi(2,1,3,0)
  solveHanoi(2,3,1,1) stampa: Sposta da 2 a 3
  solveHanoi(2,3,1,1) chiama solveHanoi(1,3,2,0)
```

Quando finirà il mondo?

Torri di Hanoi: la leggenda



- Una leggenda narra che alcuni monaci buddisti in un tempio dell'Estremo Oriente siano da sempre impegnati nella soluzione del rompicapo, spostando fisicamente i loro **64** dischi da una torre all'altra, consapevoli che quando avranno terminato il mondo finirà
- Sono necessarie $2^{64} - 1$ mosse, che sono circa 16 miliardi di miliardi di mosse... cioè circa 1.6×10^{18}
- Supponendo che i monaci facciamo una mossa ogni minuto, essi fanno circa 500000 mosse all'anno, quindi il mondo finirà tra circa 30 mila miliardi di anni...
- Un processore a 1GHz che fa una mossa a ogni intervallo di clock (un miliardo di mosse al secondo...) impiega 16 miliardi di secondi, che sono circa 500 anni...