Gestione delle eccezioni

Condizioni di Errore

Una condizione di errore in un programma può avere molte cause

- Errori di programmazione
  - Divisione per zero, cast non permesso, accesso oltre i limiti di un array, …
- Errori di sistema
  - Disco rotto, connessione remota chiusa, memoria non disponibile, …
- Errori di utilizzo
  - Input non corretti, tentativo di lavorare su file inesistente, …

Condizioni di Errore in java

- Java ha una gerarchia di classi per rappresentare le varie tipologie di errore
  - dislocate in package diversi a seconda del tipo di errore.
- Gli errori in Java sono definiti nella discendenza della classe `Throwable` nel package `java.lang`.
  - si possono usare le parole chiave di Java per la gestione degli errori solo su oggetti di tipo `Throwable`.

La Superclasse Throwable

- `Throwable` ha due sottoclassi dirette (sempre in `java.lang`)
  - `Error`
    - Errori fatali, dovuti a condizioni accidentali, non prevedibili (e quindi evitabili) dal programmatore
      - Esaurimento delle risorse di sistema necessarie alla JVM (OutOfMemoryError), incompatibilità di versioni, violazione di un'asserzione (AssertionError), ……
    - I programmi non gestiscono questi errori
  - `Exception`
    - Tutti gli errori che non rientrano in `Error`
    - I programmi possono gestire o no questi errori a seconda dei casi

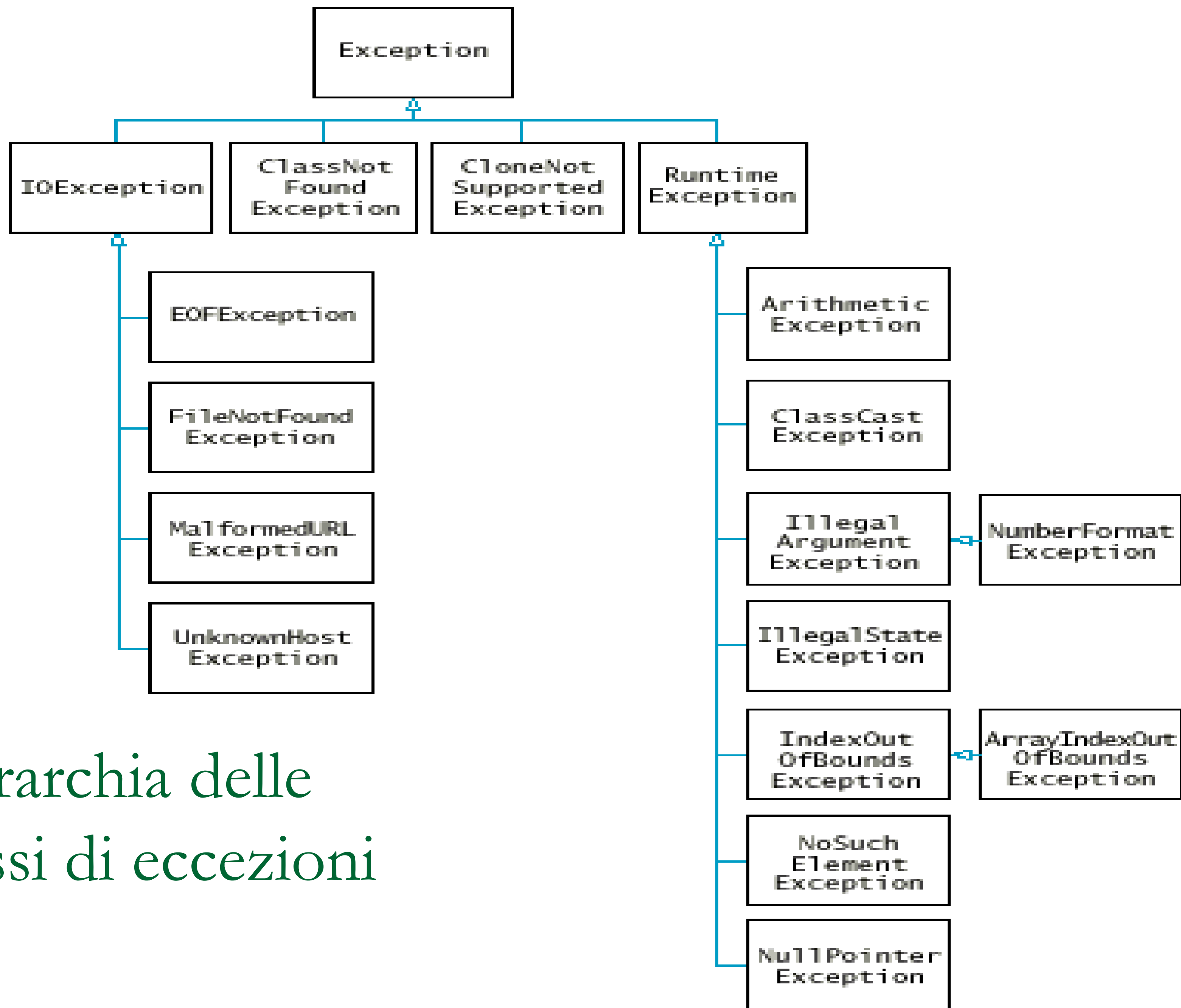
Eccezioni

- Un'eccezione è un evento che interrompe la normale esecuzione del programma
- Se si verifica un'eccezione il controllo passa ad un gestore delle eccezioni
  - Il suo compito è di eseguire il codice previsto e quindi riprendere l'esecuzione normale oppure terminare con la segnalazione dell'errore

Eccezioni

- Java mette a disposizione varie classi di eccezioni, nei package
  - `java.lang`
  - `java.io`
- Tutte le classi che implementano eccezioni sono sottoclassi della classe `Exception`

Gerarchia delle classi di eccezioni



Categorie di Eccezioni

- eccezioni non controllate

  Non è obbligatorio per il programmatore gestire questo tipo di eccezioni

  - in genere si usano per segnalare errori evitabili con un attenta programmazione

- eccezioni controllate

  E' obbligatorio inserire un codice alternativo da eseguire oppure segnalare esplicitamente che il gestore delle eccezioni deve eseguire solo le operazioni di routine.

  - in genere si usano in relazione ad errori caustati da eventi esterni (es., errore del disco, interruzione del collegamento di rete,..) e in tutte le situazioni che richiedono l'attenzione del programmatore (es., CloneNotSupportedException)

Esempi di eccezioni

- eccezioni non controllate
  - `EOFException`: terminazione inaspettata del flusso di dati in ingresso
  - `FileNotFoundException`: file non trovato nel file system
- eccezioni non controllate
  - `NullPointerException`: uso di un riferimento `null`
  - `IndexOutofBoundException`: accesso ad elementi esterni ai limiti di un array

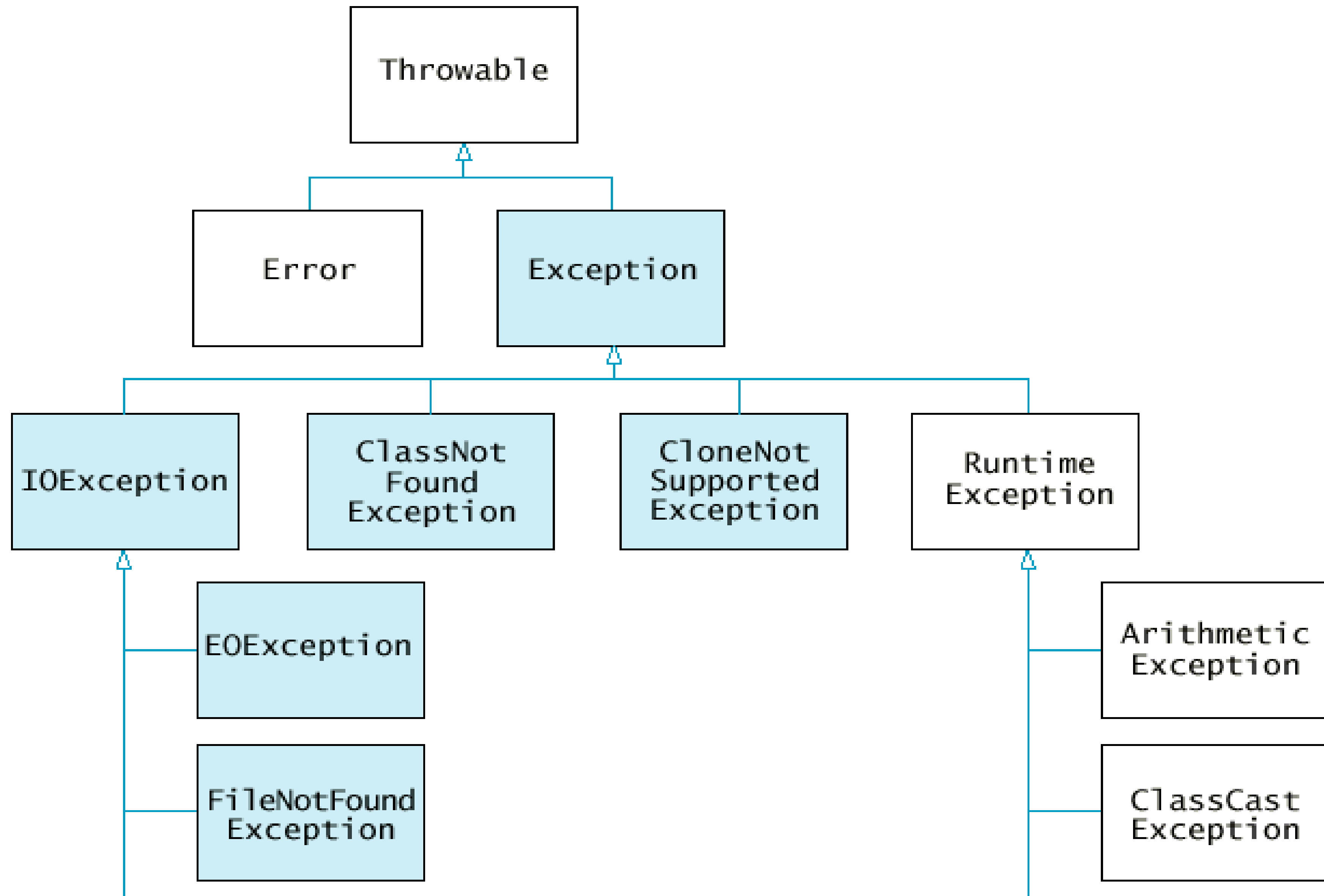
Eccezioni controllate

- Tutte le sottoclassi di `IOException`
  - `EOFException`
  - `FileNotFoundException`
  - `MalformedURLException`
  - `UnknownHostException`
- `ClassNotFoundException`
- `CloneNotSupportedException`

Eccezioni non controllate

- Tutte le sottoclassi di `RunTimeException`
  - `ArithmeticException`
  - `ClassCastException`
  - `IllegalArgumentException`
  - `IllegalStateException`
  - `IndexOutOfBoundsException`
  - `NoSuchElementException`
  - `NullPointerException`

Eccezioni controllate e non controllate



Eccezioni

- Per lanciare un'eccezione, usiamo la parola chiave throw (lancia), seguita da un oggetto di tipo Exception

```
throw exceptionObject;
```

- Il metodo termina immediatamente e passa il controllo al gestore delle eccezioni
  - Le istruzioni successive non vengono eseguite

Lanciare eccezioni: esempio

```
public class BankAccount
{
  public void withdraw(double amount)
   {
        if (amount > balance)
           throw new IllegalArgumentException("Saldo
                  insufficiente");
        balance = balance - amount;
   }
   ...
}
```

La stringa in input al costruttore di `IllegalArgumentException` rappresenta il messaggio d’errore che viene visualizzato quando si verifica l’eccezione

Segnalare eccezioni controllate

- `Object.clone()` può lanciare una `CloneNotSupportedException`

- Un metodo che invoca `clone()` può
  - gestire l'eccezione, cioè dire al compilatore cosa fare
  - non gestire l'eccezione, ma dichiarare di poterla lanciare
    - In tal caso, se l'eccezione viene lanciata, il programma termina visualizzando un messaggio di errore

Segnalare eccezioni

- Per segnalare le eccezioni controllate che il metodo può lanciare usiamo la parola chiave `throws`
- Esempio:

```
public class Customer implements Cloneable
{
    …
    public Object clone() throws CloneNotSupportedException
    {
        Customer cloned = (Customer)super.clone();
        cloned.account = (BankAccount)account.clone();
        return cloned;
     }

    private String name;
    private BankAccount account;
}
```

Segnalare eccezioni

- Qualunque metodo che chiama `x.clone()` (dove x è un oggetto di tipo Customer) deve decidere se gestire l'eccezione o dichiarare di poterla lanciare

```
public class ArchivioClienti
   {
        public void calcola(int i) throws
                                       CloneNotSupportedException
        {
                 …………
              Customer c = clienti.get(i).clone();
                 …………

         }
     …………
   }
```

Segnalare eccezioni

- Un metodo può lanciare più eccezioni controllate, di tipo diverso

```
public void calcola(int i)
   throws CloneNotSupportedException,
                    ClassNotFoundException
```

Usare le Eccezioni di Runtime

- Le eccezioni di runtime (`RuntimeException`) possono essere utilizzate per segnalare problemi dovuti ad input errati.

- Esempi:
  - Un metodo che preleva soldi da un conto corrente non può prelevare una quantità maggiore del saldo
  - Un metodo che effettua una divisione non può dividere un numero per zero

Progettare Nuove Eccezioni

- Se nessuna delle eccezioni ci sembra adeguata al nostro caso, possiamo progettarne una nuova.
- I nuovi tipi di eccezioni devono essere inseriti nella discendenza di `Throwable`
- Per definire una nuova eccezione
  - a controllo non obbligatorio (non controllata) si estende una classe nella discendenza di `RuntimeException` (in viene estesa direttamente questa classe)
  - a controllo obbligatorio (controllata) si estende una qualsiasi altra classe nella discendenza di `Exception` (in genere direttamente `Exception`)

Progettare Nuove Eccezioni

Introduciamo un nuovo tipo di eccezione per controllare che il denominatore sia diverso da zero, prima di eseguire una divisione:

```
public class DivisionePerZeroException extends
                                    RuntimeException{

  public DivisionePerZeroException() {
      super("Divisione per zero!");
  }

  public DivisionePerZeroException(String msg){
      super(msg);
  }
}
```

Usare Nuove Eccezioni

```
public class Divisione {
  public Divisione(int n, int d) {
      num=n;
      den=d;
  }
  public double dividi(){
      if (den==0)
           throw new DivisionePerZeroException();
      return num/den;
  }
  private int num;
  private int den;
}
```

Usare Nuove Eccezioni: Esempio

```
public class Test {

 public static void main(String[] args){

  double res;
  Scanner in = new Scanner(System.in);

  System.out.print("Inserisci il numeratore:");
  int n= in.nextInt();
  System.out.print("Inserisci il denominatore:");
  int d= in.nextInt();

  Divisione div = new Divisione(n,d);

  res = div.dividi();
  }
}
```

Catturare eccezioni

```
try
{
    istruzione
    istruzione
          ...
}
catch (ClasseEccezione oggettoEccezione)
{
    istruzione
    istruzione
    ...
}
catch (ClasseEccezione oggettoEccezione)
{
    istruzione
    istruzione
...
}
...
```

Usare Nuove Eccezioni: Esempio

```
Inserisci il numeratore: 5
Inserisci il denominatore: 0
DivisionePerZeroException: Divisione per zero!
at Divisione.dividi(Divisione.java:12)
at divisioneperzero.Test.main(Test.java:22)
Exception in thread "main"
```

- Il **`main`** invoca il metodo **`dividi`** della classe **`Divisione`** alla linea 22
- Il metodo **`dividi`** genera una eccezione alla linea 12

Catturare eccezioni

- Le eccezioni devono essere gestite per evitare l’arresto del programma

- Per installare un gestore si usa l’enunciato `try`, seguito da tante clausole `catch` quante sono le eccezioni che si vogliono gestire

Catturare eccezioni

- Vengono eseguite le istruzioni all'interno del blocco `try`
- Se nessuna eccezione viene lanciata, le clausole `catch` sono ignorate
- Se viene lanciata un'eccezione viene eseguita la corrispondente clausola `catch`

Catturare Eccezioni: Esempio

```
public class Test {
  public static void main(String[] args){
     double res;
     Scanner in = new Scanner(System.in);

     System.out.print("Inserisci il numeratore:");
     int n= in.nextInt();

     System.out.print("Inserisci il denominatore:");
     int d= in.nextInt();
```

Catturare Eccezioni: Esempio

```
    try
    {
      Divisione div = new Divisione(n,d);
      res = div.dividi();
      System.out.print(res);
    }

    catch(DivisionePerZeroException exception)
    {
      System.out.println(exception);
    }
  }
}
```

Catturare eccezioni

- Cosa fa l'istruzione `System.out.println(exception)`?
- Invoca il metodo `toString()` della classe `DivisioneperZeroException`
  - Ereditato dalla classe `RuntimeException`
  - Restituisce una stringa che descrive l'oggetto `exception` costituita da
    - Il nome della classe a cui l'oggetto appartiene seguito da ":" e dal messaggio di errore associato all'oggetto

Catturare Eccezioni: Esempio

```
Inserisci il numeratore:5
Inserisci il denominatore:0

DivisionePerZeroException: Divisione per zero!
```

- **`DivisionePerZeroException`**
  - è la classe a cui l'oggetto **`exception`** appartiene
- **`Divisione per zero!`**
  - È il messaggio di errore associato all'oggetto **`exception`** (dal costruttore)

Catturare eccezioni

- Per avere un messaggio di errore che stampa lo stack delle chiamate ai metodi in cui si è verificata l’eccezione usiamo il metodo **`printStackTrace()`**

```
catch(DivisionePerZeroException exception)
   {
         exception.printStackTrace();
   }
```

- Output:

```
Inserisci il numeratore: 5
Inserisci il denominatore: 0
DivisionePerZeroException: Divisione per zero!
at Divisione.dividi(Divisione.java:12)
at divisioneperzero.Test.main(Test.java:22)
```

Catturare eccezioni

- Scriviamo un programma che chiede all’utente il nome di un file
- Se il file esiste, il suo contenuto viene stampato a video
- Se il file non esiste viene generata un’eccezione
- Il gestore delle eccezioni avvisa l’utente del problema e gli chiede un nuovo file

Catturare eccezioni: Esempio

```
import java.io.*;
public class TestTry {

   public static void main(String[ ] arg)
          throws IOException {

     Scanner in = new Scanner(System.in);

     boolean ok=false;

     String s;

     System.out.println("Nome del file?");
```

Catturare eccezioni: Esempio

```
while(!ok) {
        try {
            s=in.next();
            FileReader fr=new FileReader(s);
            in=new Scanner(fr);
            ok=true;
            while((s=in.nextLine())!=null)
              System.out.println(s);
        }
        catch(FileNotFoundException e) {
            System.out.println("File
              inesistente, nome?");
        }
    }
  }
}
```

La clausola finally

- Il lancio di un’eccezione arresta il metodo corrente
- A volte vogliamo eseguire altre istruzioni prima dell’arresto
- La clausola `finally` viene usata per indicare un’istruzione che va eseguita sempre
  - Ad, esempio, se stiamo leggendo un file e si verifica un’eccezione, vogliamo comunque chiudere il file

La clausola finally

```
try
{
    istruzione
    istruzione
    ...
}
finally
{
    istruzione
    istruzione
    ...
}
```

La clausola finally

- Viene eseguita al termine del blocco `try`
- Viene comunque eseguita se un’istruzione del blocco `try` lancia un’eccezione
- Può anche essere combinata con clausole `catch`

La clausola finally

```
FileReader reader =
            new FileReader(filename);
try
{
     Scanner in = new Scanner(reader);
     readData(in);
        //metodo di lettura dati
}

finally
{
     reader.close();
}
```

File BadDataException.java

```
public class BadDataException extends
   RuntimeException{

  public BadDataException() {}

  public BadDataException(String msg){
  super(msg);
  }
}
```

File DataSetReader.java

```
01: import java.io.FileReader;
02: import java.io.IOException;
03: import java.util.Scanner;
04:
05: /**
06:  Reads a data set from a file. The file must have the format:
07:    numberOfValues
08:    value1
09:    value2
10:    . . .
11: */
12: public class DataSetReader
13: {
```

File DataSetReader.java

```
14:     /**
15:        Reads a data set.
16:        @param filename the name of the file holding the data
17:        @return the data in the file
18:     */
19:     public double[] readFile(String filename)
20:           throws IOException, BadDataException
21:     {
22:        FileReader reader = new FileReader(filename);
23:        try
24:        {
25:           Scanner in = new Scanner(reader);
26:           readData(in);
27:        }
28:        finally
29:        {
30:           reader.close();
31:        }
```

File DataSetReader.java

```
32:         return data;
33:     }
34: 
35:     /**
36:         Reads all data.
37:         @param in the scanner that scans the data
38:     */
39:     private void readData(Scanner in) throws BadDataException
40:     {
41:         if (!in.hasNextInt())
42:             throw new BadDataException("Length expected");
43:         int numberOfValues = in.nextInt();
44:         data = new double[numberOfValues];
45: 
46:         for (int i = 0; i < numberOfValues; i++)
47:             readValue(in, i);
```

File DataSetReader.java

```
48:
49:          if (in.hasNext())
50:             throw new BadDataException("End of file expected");
51:       }
52:
53:       /**
54:          Reads one data value.
55:          @param in the scanner that scans the data
56:          @param i the position of the value to read
57:       */
58:       private void readValue(Scanner in, int i)
            throws BadDataException
59:       {
```

File DataSetReader.java

```
60:         if (!in.hasNextDouble())
61:            throw new BadDataException("Data value expected");
62:         data[i] = in.nextDouble();
63:      }
64:
65:      private double[] data;
66: }
```

File DataSetTester.java

```
01: import java.io.FileNotFoundException;
02: import java.io.IOException;
03: import java.util.Scanner;
04:
05: public class DataSetTester
06: {
07:    public static void main(String[] args)
08:    {
09:       Scanner in = new Scanner(System.in);
10:       DataSetReader reader = new DataSetReader();
11:
12:       boolean done = false;
13:       while (!done)
14:       {
15:          try
16:          {
```

File DataSetTester.java

```
17:             System.out.println("Please enter the file name: ");
18:             String filename = in.next();
19:
20:             double[] data = reader.readFile(filename);
21:             double sum = 0;
22:             for (double d : data) sum = sum + d;
23:             System.out.println("The sum is " + sum);
24:             done = true;
25:          }
26:          catch (FileNotFoundException exception)
27:          {
28:             System.out.println("File not found.");
29:          }
30:          catch (BadDataException exception)
31:          {
32:             System.out.println
                   ("Bad data: " + exception.getMessage());
```

File DataSetTester.java

```
33:             }
34:             catch (IOException exception)
35:             {
36:                exception.printStackTrace();
37:             }
38:          }
39:       }
40:    }
```

Vantaggi nell’uso delle eccezioni

- Separazione tra codice per il trattamento degli errori e codice “regolare”
- Propagazione degli errori attraverso le chiamate ricorsive nello stack
- Raggruppamento e differenziazione dei tipi di errore

Separazione codice Errore/Regolare (1)

- Le eccezioni forniscono un mezzo per separare i dettagli di cosa fare quando qualcosa di straordinario accade dalla logica principale del programma.
- Esempio: pseudo-codice lettura di un intero file nella memoria principale
  - readFile {

    open the file;

    determine its size;

    allocate that much memory;

    read the file into memory;

    close the file;

    }

Separazione codice Errore/Regolare (2)

- Il metodo readFile sembra a posto ma ignora errori potenziali:

  Cosa accade se..
  - il file non può essere aperto
  - la lunghezza del file non può essere determinata
  - non può essere allocata memoria sufficiente
  - l'operazione di lettura ha un fallimento
  - il file non può essere chiuso

- Per trattare questi casi, il metodo readFile dovrebbe contenere codice aggiuntivo per l'individuazione, segnalazione e trattamento dell'errore.

Separazione codice Errore/Regolare (3)

- Ad esempio, il codice di readFile potrebbe essere modificato in questo modo
  - **readFile {**

```
readFile {
    initialize errorCode = 0;
    open the file;
    if (theFileIsOpen) {
            determine the length of the file;
            if (gotTheFileLength) {
                    allocate that much memory;
                    if (gotEnoughMemory) {
                            read the file into memory;
                            if (readFailed) { errorCode = -1; }
                    } else { errorCode = -2; }
            } else { errorCode = -3; }
            close the file;
            if (theFileDidntClose) { errorCode +=  -5; }
    } else { errorCode = -4; }
    return errorCode;
}
```

Separazione codice Errore/Regolare (4)

- Le eccezioni consentono di scrivere il flusso principale del codice in un punto e occuparsi dei casi di errore altrove.
- Osservazione:

  le eccezioni non ci permettono di risparmiare il lavoro per l'individuazione, segnalazione e trattamento dell'errore ma ci aiutano a organizzare il lavoro in maniera più efficiente

Separazione codice Errore/Regolare (4)

- Versione readFile con eccezioni al posto delle tecniche tradizionali di gestione dell'errore:
  - ***readFile*** {

```
try {       open the file;
            determine its size;
            allocate that much memory;
            read the file into memory;
            close the file;
} catch (fileOpenFailed) {
            doSomething;
} catch (sizeDeterminationFailed) {
            doSomething;
} catch (memoryAllocationFailed) {
            doSomething;
} catch (readFailed) {
            doSomething;
} catch (fileCloseFailed) {
            doSomething;
}
}
```

Propagazione errori nel call-stack (1)

- Si supponga:

```
main { ……
          call method1;
          ……}
method1 { ……
          call readFile;
          ……}
```

- Supponiamo che gli errori in readFile possano essere gestiti solo nel metodo main

Propagazione errori nel call-stack (2)

- Soluzione tradizionale

main { ……
errorCodeType error;
error = ***call method1;***
if (error) ***doErrorProcessing;***
else ***proceed;***
….**}**

errorCodeType **method1 {** ……
errorCodeType error;
error = call **readFile;**
if (error) return error;
else ***proceed;***
……**}**

Propagazione errori nel call-stack (3)

- Con le eccezioni:

  main { ……
  try { ***call method1;*** }
  catch (*exception* e) {
  doErrorProcessing;
  }
  ….**}**

  method1 *throws exception* **{** ……
  call readFile;
  ……**}**
- Nota: il JRE ricerca all'indietro nelle chiamate sospese nel call-stack finché non trova un metodo che gestisce l'eccezione

Raggruppamento e differenziazione

- Raggruppamento è una conseguenza naturale della gerarchia
  - FileNotFoundException è un IOException
- Possiamo creare gruppi di eccezioni e trattare le eccezioni per il tipo generale di eccezione (IOException)
- Oppure possiamo usare il tipo specifico dell'eccezione e trattare l'eccezione in maniera specifica (FileNotFoundException)