



AA 2015-2016

PROGRAMMAZIONE 2

7a. Eccezioni in Java

Generazione di “errori”



- ✎ Un metodo può richiedere che gli argomenti attuali soddisfino determinate precondizioni per procedere nell'esecuzione
 - `mthd(List L)` con `L` non vuota
- ✎ Componenti esterni potrebbero fallire
 - File non presente
- ✎ Implementazioni parziali
 - Modulo con alcune funzionalità non ancora implementate
- ✎ Come gestiamo queste situazioni “anomale”?

Gestione errori



- ✎ Diverse tecniche
 - Parser per gli errori sintattici
 - Tecniche di analisi statica (type checker) per gli errori semantici
 - Test covering & Best practice
 - Ignorare gli errori
- ✎ Ora noi vedremo il meccanismo delle eccezioni: meccanismi linguistici che permettono di trasferire il controllo del programma dal punto in cui viene rilevato l'errore al codice che permette di gestirlo

Cosa sono?



- ✎ Le eccezioni sono dei particolari oggetti usati per rappresentare e catturare condizioni anomale del comportamento di programmi
 - Comportamenti anomali in operazioni I/O, null pointer, ...
- ✎ *Sollevare (throwing)* una eccezione significa programmare una sorta di uscita di emergenza nell'esecuzione del programma
- ✎ *Catturare (catching)* una eccezione significa programmare le azioni da eseguire per gestire il comportamento anomalo

Perché sono utili?



- ✎ Il compilatore non è in grado di determinare tutti gli errori
- ✎ *Separation of concern*: separare il codice di gestione degli errori dal codice “normale”
 - Chiarezza del codice (debugging)
 - Raggruppare e differenziare la struttura (tramite tipi) delle situazioni di comportamento anomalo che si possono presentare

Esempio



```
public class ArrayExceptionExample {  
    public static void main(String[ ] args) {  
        String[ ] colori = {"Rossi", "Bianchi", "Verdi"};  
        System.out.println(colori[3]);  
    }  
}
```

***Cosa succede quando compiliamo e poi
mandiamo il programma in esecuzione?***

Esempio



```
public class ArrayExceptionExample {  
    public static void main(String[ ] args) {  
        String[ ] colori = {"Rossi", "Bianchi", "Verdi"};  
        System.out.println(colori[3]);  
    }  
}
```

Compilazione OK ma a runtime...

```
ArrayExceptionExampleException in thread "main"  
java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException:  
3 at ArrayExceptionExample.main(ArrayExceptionExample.java:6)
```

Formato dei messaggi



[exception class]:
[additional description of exception] at
[class].[method]([file]: [line number])

Formato



- 🔗 java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 3 at
ArrayExceptionExample.main(ArrayExceptionExample.java:6)
- 🔗 **Exception Class?**
 - java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException
- 🔗 **Quale indice dell' array (additional information)?**
 - 3
- 🔗 **Quale metodo solleva l'eccezione?**
 - ArrayExceptionExample.main
- 🔗 **Quale file contiene il metodo?**
 - ArrayExceptionExample.java
- 🔗 **Quale linea del file solleva l'eccezione?**
 - 6

Eccezioni a runtime



- ✎ Abbiamo visto il caso nel quale le situazioni anomale provocano a run-time la terminazione (anomala) del programma in esecuzione
- ✎ Questo tipo di eccezioni a run-time sono denominate *unchecked exception*
- ✎ Domanda: è possibile prevedere meccanismi linguistici che permettano di affrontare le situazioni anomale come un “normale” problema di programmazione?

Codificare le anomalie



- ✎ Prevedere opportuni meccanismi di codifica per le situazioni anomale
 - ArrayOutOfBounds: l'accesso all'array fuori dalla dimensione restituisce il valore "-1" che codifica l'anomalia
 - L'accesso a un file non presente nello spazio del programma restituisce la stringa "null"
 - È fattibile? È un tecnica scalabile?
- ✎ Il modo moderno di affrontare questo aspetto è quello di introdurre specifici meccanismi linguistici
 - OCaml (failwith), Java (throw+try-catch), C++, C# ...

Java: sollevare eccezioni



- ✎ Il linguaggio prevede una primitiva specifica per dichiarare e programmare il modo in cui le eccezioni sono sollevate
- ✎ Usare il costrutto **throw** all'interno del codice dei metodi

```
if (myObj.equals(null))  
    throw new NullPointerException( )
```

throw



- ✎ Il costrutto throw richiede come argomento un oggetto che abbia come tipo un qualunque sottotipo di Throwable
- ✎ La classe Throwable contiene tutti i tipi di errore e di eccezioni
- ✎ Come si fa a vedere la struttura?
 - Consultate la documentazione on line delle API
 - docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/Throwable.html

Dichiarare eccezioni



- ✎ Se un metodo contiene del codice che può generare una eccezione allora si deve esplicitare nella dichiarazione del metodo tale possibilità
 - `public void myMethod throws Exception { ... }`
 - `public void myMethod throws IOException { ... }`
- ✎ L'eccezione diventa una componente del tipo del metodo!
- ✎ Questo tipo di eccezioni è chiamato ***checked exceptions***: “They represent exceptions that are frequently considered *non fatal* to program execution” (Java Tutorial)

Gestione delle eccezioni



✎ Java prevede strumenti linguistici per programmare la gestione delle eccezioni

✎ Clausola

```
try {  
    // codice che può sollevare l'eccezione  
}  
catch ([tipo eccezione] e) {  
    // codice di gestione della eccezione  
}
```

Gestioni multiple



- ✎ È possibile programmare una gestione “multipla” delle eccezioni

```
try {  
    // codice che può sollevare diverse eccezioni  
}  
catch (IOException e) {  
    // gestione IOException  
}  
catch (ClassNotFoundException e) {  
    // gestione ClassNotFoundException  
}
```


Eccezioni senza speranza



- ✎ La clausola `finally` permette di programmare del codice di clean-up indipendentemente da quello che è successo nel codice monitorato

```
try {  
    // codice che può sollevare diverse eccezioni  
}  
catch ([tipo eccezione] e) {  
    // gestione Exception  
}  
finally {  
    // codice di clean up che viene sempre eseguito  
}
```

Il nostro esempio



```
public class ArrayExceptionExample {  
    public static void main(String[ ] args) {  
        String[ ] colori = {"Rossi", "Bianchi", "Verdi"};  
        System.out.println(colori[3]);  
    }  
}
```

```
ArrayExceptionExampleException in thread "main"  
java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException:  
3 at ArrayExceptionExample.main(ArrayExceptionExample.java:6)
```

Esempio di una eccezione unchecked (runtime)

Eccezioni unchecked: il metodo non deve necessariamente prevedere il codice di gestione

Checked Exception



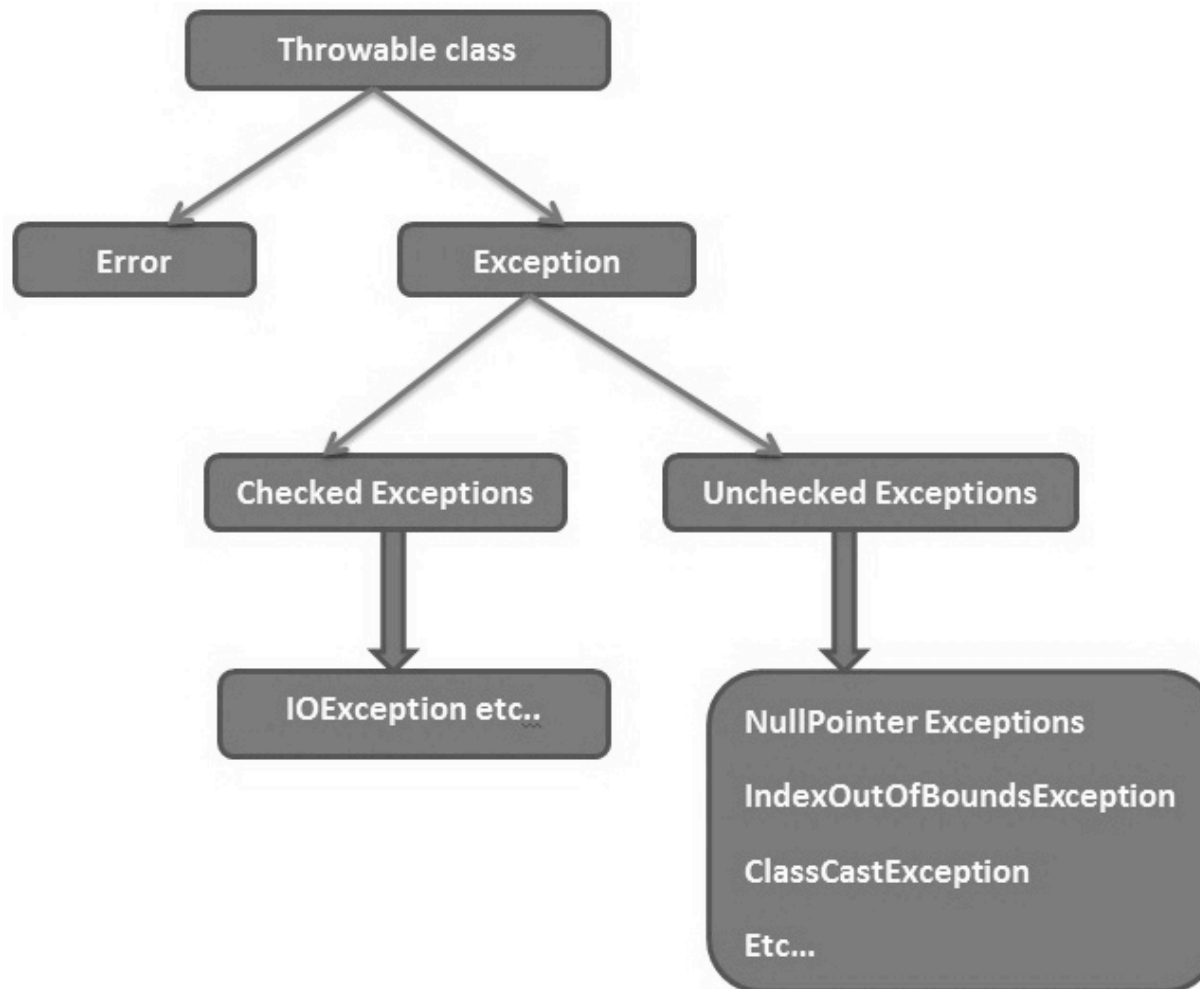
- ✎ Le eccezioni checked sono eccezioni che devono essere gestite da opportuni gestori
- ✎ Il compilatore controlla che le eccezioni checked siano sollevate (clausola throw) e gestite (clausola catch)

Ricapitoliamo

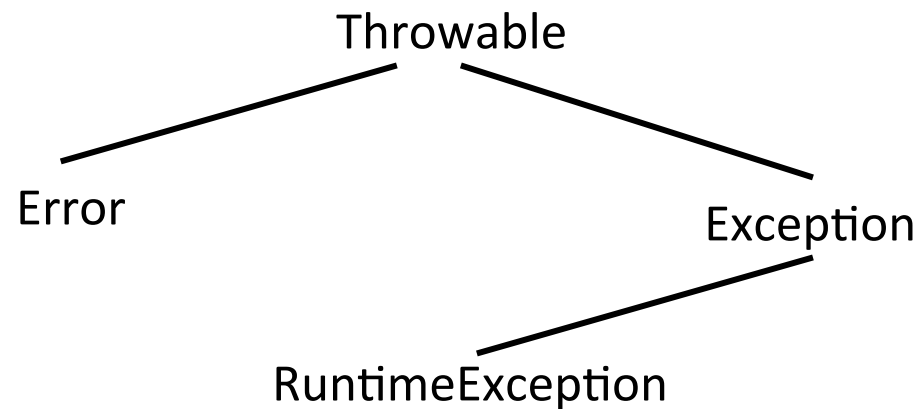


- ✎ I tipi di eccezione sono classi di Java che
 - contengono solo il costruttore
 - ✓ ci possono essere più costruttori overloaded
 - sono definite in “moduli” separati da quelli che contengono i metodi che le possono sollevare
- ✎ Le eccezioni sono oggetti
 - creati eseguendo new di un exception type e quindi eseguendo il relativo costruttore
- ✎ Esiste una gerarchia “predefinita” di tipi relativi alle eccezioni
 - nuovi tipi di eccezioni sono collocati nella gerarchia con l’usuale extends

Java Exception Hierarchy



La gerarchia di tipi per le eccezioni



- ✓ se un nuovo tipo di eccezione estende la classe Exception
 - l'eccezione è checked
- ✓ se un nuovo tipo di eccezione estende la classe RuntimeException
 - l'eccezione è unchecked

Esempi



```
java.lang
```

Class NullPointerException

```
java.lang.Object
```

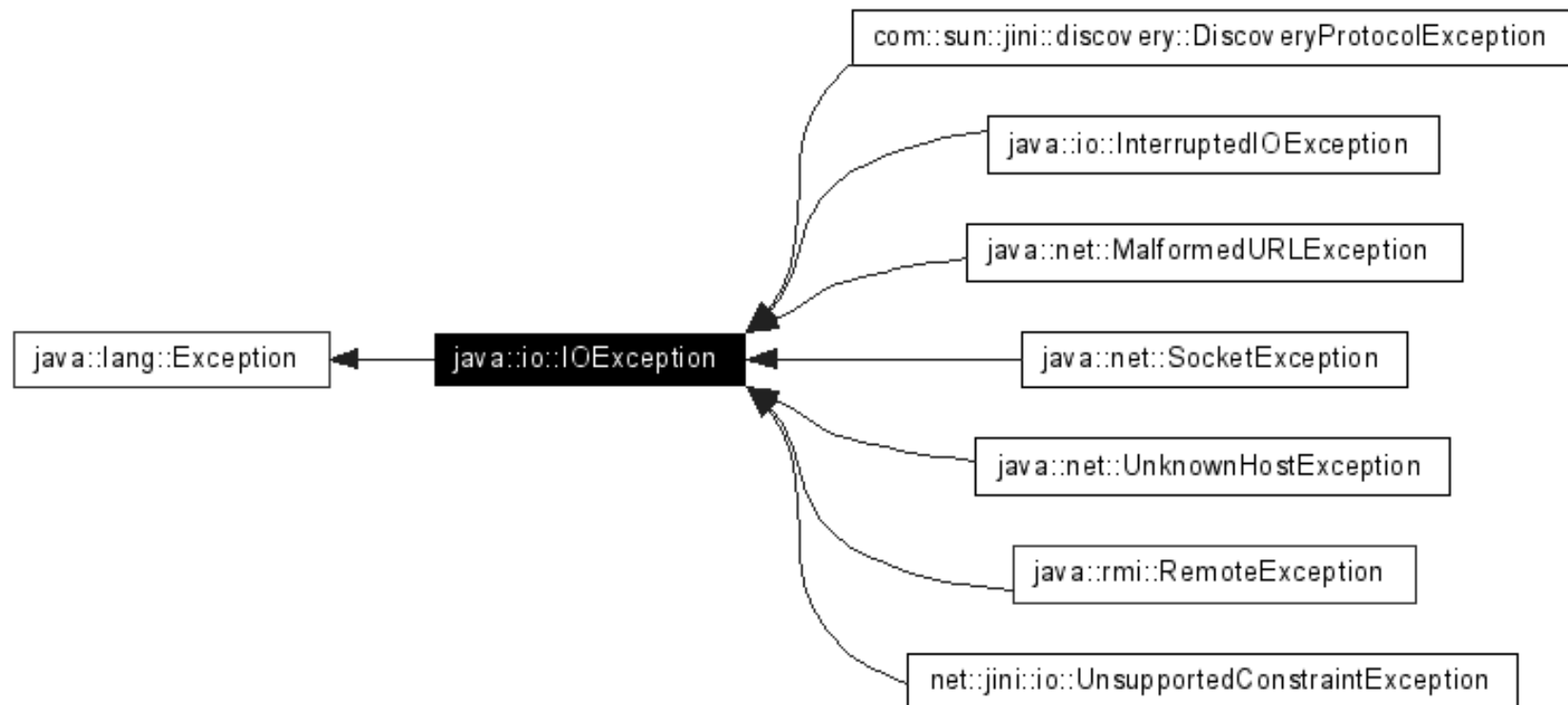
```
    java.lang.Throwable
```

```
        java.lang.Exception
```

```
            java.lang.RuntimeException
```

```
                java.lang.NullPointerException
```

Esempi



Eccezioni checked e unchecked



- ✎ Se un metodo può sollevare una eccezione checked
 - deve elencarla nel suo header
 - ✓ che fa parte anche della specifica
 - altrimenti si verifica un errore a tempo di compilazione
- ✎ Se un metodo può sollevare una eccezione unchecked
 - può non elencarla nel suo header
 - ✓ il suggerimento è di elencarla sempre, per rendere completa la specifica
- ✎ Se un metodo chiamato da obj ritorna sollevando una eccezione
 - se l'eccezione è checked
 - ✓ obj deve gestire l'eccezione (try and catch)
 - ✓ se l'eccezione (o uno dei suoi supertipi) è elencata tra quelle sollevabili da obj, può essere propagata alla procedura che ha chiamato obj
 - se l'eccezione è unchecked
 - ✓ può essere comunque gestita o propagata

Definire tipi di eccezione



```
public class NuovoTipoDiEcc extends Exception {  
    public NuovoTipoDiEcc(String s) { super(s); }  
}
```

- 🦋 È checked
- 🦋 Definisce solo un costruttore
 - come sempre invocato quando si crea una istanza con new
 - il costruttore può avere parametri
- 🦋 Il corpo del costruttore riutilizza semplicemente il costruttore del supertipo
 - perché deve passargli il parametro?
- 🦋 Una new di questa classe provoca la creazione di un nuovo oggetto che “contiene” la stringa passata come parametro

Costruire oggetti eccezione



```
public class NuovoTipoDiEcc extends Exception {  
    public NuovoTipoDiEcc(String s) { super(s); }  
}
```

- una new di questa classe provoca la creazione di un nuovo oggetto che “contiene” la stringa passata come parametro

```
Exception e = new NuovoTipoDiEcc ("Questa è la ragione");  
String s = e.toString( );
```

- la variabile s punta alla stringa
"NuovoTipoDiEcc: Questa è la ragione"

Sollevare eccezioni



- Un metodo può terminare
 - (ritorno normale) con un return se deve restituire un valore
 - (ritorno normale) quando le istruzioni che costituiscono il corpo del metodo sono completate
 - (ritorno di una eccezione) con un throw

```
public static int fact (int n) throws NonpositiveExc {  
    // se n>0, ritorna n!  
    // altrimenti solleva NonpositiveExc  
    if (n <= 0) throw new NonPositiveExc("Num.fact");  
}
```

- La stringa contenuta nell'eccezione è utile soprattutto quando il programma non è in grado di "gestire" l'eccezione
 - permette all'utente di identificare la procedura che l'ha sollevata
 - può comparire nel messaggio di errore che si stampa subito prima di forzare la terminazione dell'esecuzione

Gestire eccezioni



- ✎ Quando un metodo termina con un throw
 - l'esecuzione non riprende con il codice che segue la chiamata (call-return tradizionale)
 - il controllo viene trasferito a un pezzo di codice preposto alla gestione dell'eccezione
- ✎ Due possibilità per la gestione
 - gestione esplicita, quando l'eccezione è sollevata all'interno di uno statement try
 - ✓ in generale, quando si ritiene di poter recuperare uno stato consistente e di portare a termine una esecuzione quasi "normale"
 - gestione di default, mediante propagazione dell'eccezione al codice chiamante
 - ✓ possibile solo per eccezioni non checked o per eccezioni checked elencate nell'header del metodo che riceve l'eccezione

Gestione esplicita delle eccezioni



- ☞ Gestione esplicita: l'eccezione è sollevata all'interno di uno statement try
- ☞ Codice per gestire l'eccezione NonPositiveExc eventualmente sollevata da una chiamata di fact

```
try { x = Num.fact (y); }  
catch (NonPositiveExc e) {  
    // qui possiamo usare e, cioè l'oggetto eccezione  
}
```
- ☞ La clausola catch non deve necessariamente identificare il tipo preciso dell'eccezione, ma basta un suo supertipo

```
try { x = Arrays.searchSorted (v, y); }  
catch (Exception e) { s.Println(e); return; }  
    // s è una PrintWriter
```
- ☞ segnala l'informazione su NullPointerException e su NotFoundException 30

Try e Catch annidati



```
try {  
    try { x = Arrays.searchSorted (v, y); }  
    catch (NullPointerException e) {  
        throw new NotFoundExc( ); }  
    }  
catch (NotFoundExc b) { ... }
```

- ✎ la clausola catch nel try più esterno cattura l'eccezione NotFoundExc se è sollevata da searchSorted o dalla clausola catch più interna

Catturare eccezioni unchecked



- Le eccezioni unchecked sono difficili da catturare: una qualunque chiamata di procedura può sollevarle, ed è dunque difficile sapere da dove vengono

```
try { x = y[n]; i = Arrays.searchSorted (v, x); }  
catch (IndexOutOfBoundsException e) {  
    // cerchiamo di gestire l'eccezione pensando  
    // che sia stata sollevata da x = y[n]  
}
```

// continuiamo supponendo di aver risolto il problema

- ma l'eccezione poteva venire dalla chiamata a searchSorted
- L'unico modo per sapere con certezza da dove viene è restringere lo scope del comando try

Aspetti metodologici



- ✎ Gestione delle eccezioni
 - riflessione
 - mascheramento
- ✎ Quando usare le eccezioni
- ✎ Come scegliere tra checked e unchecked
- ✎ *Defensive programming*

Gestione delle eccezioni



- ✎ Se un metodo chiamato da obj ritorna sollevando una eccezione, anche obj termina sollevando un'eccezione
 - usando la propagazione automatica
 - ✓ della stessa eccezione (NullPointerException)
 - catturando l'eccezione e sollevandone un'altra
 - ✓ possibilmente diversa (EmptyException)

Gestione delle eccezioni



```
public static int min (int[ ] a) throws NullPointerException, EmptyException {  
    // se a è null solleva NullPointerException  
    // se a è vuoto solleva EmptyException  
    // altrimenti ritorna il minimo valore in a  
  
    int m;  
    try { m = a[0]; }  
    catch (IndexOutOfBoundsException e) {  
        throws new EmptyException("Arrays.min");  
    }  
    for (int i = 1; i < a.length; i++)  
        if (a[i] < m) m = a[i];  
    return m;  
}
```

NB: usiamo le eccezioni (catturate) al posto di un test per verificare se a è vuoto

Gestione eccezioni via mascheramento



- Se un metodo chiamato da obj ritorna sollevando una eccezione, obj gestisce l'eccezione e ritorna in modo normale

```
public static boolean sorted (int[ ] a) throws NullPointerException {  
    // se a è null solleva NullPointerException  
    // se a è ordinato in senso crescente ritorna true  
    // altrimenti ritorna false  
    int prec;  
    try { prec = a[0]; }  
    catch(IndexOutOfBoundsException e) { return true; }  
    for (int i = 1; i < a.length ; i++)  
        if (prec <= a[i]) prec = a[i]; else return false;  
    return true;  
}
```

Quando usare le eccezioni



- 🦋 Le eccezioni non sono necessariamente errori
 - ma metodi per richiamare l'attenzione del chiamante su situazioni particolari (classificate dal progettista come eccezionali)
- 🦋 Comportamenti che sono errori ad un certo livello, possono non esserlo affatto a livelli di astrazione superiore
 - `IndexOutOfBoundsException` segnala chiaramente un errore all'interno dell'espressione `a[0]`, ma non necessariamente per le procedure `min` e `sort`
- 🦋 Il compito primario delle eccezioni è di ridurre al minimo i vincoli della specifica per evitare di codificare informazione su terminazioni particolari nel normale risultato

Checked o unchecked



- 👁️ Le eccezioni checked offrono maggior protezione dagli errori
 - sono più facili da catturare
 - il compilatore controlla che l'utente le gestisca esplicitamente o per lo meno le elenchi nell'header, prevedendone una possibile propagazione automatica
 - ✓ se non è così, viene segnalato un errore
- 👁️ Le eccezioni checked sono pesanti da gestire in quelle situazioni in cui siamo ragionevolmente sicuri che l'eccezione non verrà sollevata
 - perché esiste un modo conveniente ed efficiente di evitarla o per il contesto di uso limitato
 - solo in questi casi si dovrebbe optare per una eccezione unchecked

Defensive programming



- ✎ L'uso delle eccezioni facilita uno stile di progettazione e programmazione che protegge rispetto agli errori
 - anche se non sempre un'eccezione segnala un errore
- ✎ Fornisce una metodologia che permette di riportare situazioni di errore in modo ordinato
 - senza disperdere tale compito nel codice che implementa l'algoritmo
- ✎ Nella programmazione *defensive* si incoraggia il programmatore a verificare l'assenza di errori ogniqualvolta ciò sia possibile
 - e a riportarli usando il meccanismo delle eccezioni
 - [un caso importante legato alle implementazioni parziali]

Metodi e eccezioni



- ✉ Con le eccezioni i metodi tendono a diventare totali
 - anche se non è sempre possibile
- ✉ Chi invoca il metodo dovrebbe farsi carico di effettuare tale controllo
 - sollevando una eccezione
 - ✓ questa eccezione può essere catturata, magari ad un livello superiore
 - ✓ si suggerisce di usare in questi casi una eccezione generica unchecked `FailureException`



Un esempio: checked vs. unchecked



```
public void storeDataFromUrl(String url) {  
    try { String data = readDataFromUrl(url); }  
    catch (BadUrlException e) {  
        e.printStackTrace( );  
    }  
}
```

```
public String readDataFromUrl(String url) throws BadUrlException {  
    if (isUrlBad(url))  
        throw new BadUrlException("Bad URL: " + url);  
  
    String data = null;  
        // read lots of data over HTTP and return it  
        // as a String instance  
    return data;  
}
```



```
public class BadUrlException extends Exception {  
    public BadUrlException(String s) {  
        super(s);  
    }  
}
```

Propagazione



```
public void storeDataFromUrl(String url) throws BadUrlException {  
    String data = readDataFromUrl(url);  
}
```

Unchecked



```
public class BadUrlException extends RuntimeException {  
    public BadUrlException(String s) {  
        super(s);  
    }  
}
```

Modificare i metodi



```
public void storeDataFromUrl(String url) {  
    String data = readDataFromUrl(url);  
}
```

```
public String readDataFromUrl(String url) {  
    if (isUrlBad(url))  
        throw new BadUrlException("Bad URL: " + url);  
  
    String data = null;  
    // read lots of data over HTTP and  
    // return it as a String instance  
    return data;  
}
```

Checked vs unchecked



Pro Checked Exceptions

- Compiler enforced catching or propagation of checked exceptions make it harder to forget handling that exception



Pro Checked Exceptions

- Unchecked exceptions makes it easier to forget handling errors since the compiler doesn't force the developer to catch or propagate exceptions (reverse of 1)



Pro Unchecked Exceptions

- Checked exceptions that are propagated up the call stack clutter the top level methods, because these methods need to declare throwing all exceptions thrown from methods they call



Pro Checked Exceptions

- When methods do not declare what unchecked exceptions they may throw it becomes more difficult to handle them



Pro Unchecked Exceptions

- Checked exceptions thrown become part of a methods interface and makes it harder to add or remove exceptions from the method in later versions of the class or interface

Riferimenti



Anders Hejlsberg on checked vs. unchecked exceptions

<http://www.artima.com/intv/handcuffs.html>

James Gosling on checked exceptions

<http://www.artima.com/intv/solid.html>

Bill Venners on Exceptions

<http://www.artima.com/interfacedesign/exceptions.html>

Bruce Eckel on checked exceptions

<http://www.artima.com/intv/typingP.html>

Designing with Exceptions (Bill Venners - www.artima.com)

<http://www.artima.com/designtechniques/desexcept.html>

Effective Java (Joshua Bloch - Addison Wesley 2001)

Daniel Pietraru - in favor of checked exceptions

Exceptional Java - Checked exceptions are priceless... For everything else there is the RuntimeException