Instituto de computação uff

Técnicas de Programação Avançada

TCC-00175

Profs.: Anselmo Montenegro

www.ic.uff.br/~anselmo

Conteúdo:Tipos Genéricos

Baseado em http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/generics/)

Orientação a Objetos

Introdução

É uma melhoria no sistema de tipos que foi introduzida na J2SE 5.0 que permite um método ou tipo operar sobre objetos de vários tipos diferentes

Permite segurança de tipos em tempo de compilação

Adiciona segurança de tipos em tempo de compilação ao Framework de Coleções eliminando a necessidade *de casting*

Tipos genéricos permitem que (classes e interfaces) sejam usadas como parâmetros na definição de definição de classes, interfaces e métodos.

De forma análoga aos parâmetros formais usados nas declarações de métodos, os parâmetros de tipo proveem formas de utilizar o mesmo código com diferentes entradas

A entrada para parâmetros formais são valores enquanto que para os parâmetros de tipos são tipos de dados

Checagem de tipos mais forte em tempo de compilação

Eliminação de conversão de tipos (casts)

Permite a programação de algoritmos genéricos seguros em relação a tipagem e legíveis

Um tipo genérico é uma classe ou interface parametrizada sobre tipos

Uma classe genérica é definida da seguinte forma:

```
class name<T1, T2, ..., Tn> { /* ... */ }
```

A seção dos parâmetros de tipo é delimitada pelos símbolos (<>) e vem após o nome da classe.

T1, T2, ..., and Tn podem ser quaisquer tipos não primitivos incluindo classes, interfaces, arrays e etc.

Orientação a Objetos

Exemplo de Tipos Genéricos

Classe não genérica

```
public class Box {

        private Object object;

        public void set(Object object) {
                this.object = object;
        }

        public Object get() {
                return object;
        }

}
```

Versão genérica da mesma classe

```
/** * Generic version of the Box class.
 * @param <T> the type of the value being
boxed
*/
public class Box<T> { // T stands for "Type"

        private T t;

        public void set(T t) {
                this.t = t;
        }

        public T get() {
                return t;
        }
}
```

Convenções sobre nomes de tipos de parâmetros

Por convenção, parâmetros de tipos são nomeados por letras maiúsculas únicas

O uso desta convenção é para distinguir parâmetros de tipo de nomes de variáveis, classes e interfaces

Convenções sobre nomes de tipos de parâmetros

Nomes mais comuns:

E - Element (usado extensivamente no *Java Collections Framework*)
K - Key
N - Number
T - Type
V - Value
S,U,V etc. – segundo, terceiro e quanto tipos de uma lista de tipos de parâmetros

Para referenciar e usar uma classe genérica no código é necessário fazer uma invocação de tipo genérico

A invocação de tipo genérico substitui um parâmetro de tipo, por exemplo, T com algum valor concreto

Exemplo: Box<Integer> integerBox;

Uma invocação de um tipo genérico é análoga a uma invocação de um método; ao invés de passarmos um argumento para um método, passamos um argumento de tipo

A invocação é apenas uma declaração e não cria um novo objeto

Apenas indica que a variável irá conter uma referência para tal tipo declarado que no caso é um tipo parametrizado

Para instanciar um classe, usamos a palavra new, e colocamos o argumento de tipo no lugar do parâmetro de tipo

```
Box<Integer> integerBox = new Box<Integer>();
```

No Java SE 7 e versões posteriores é possível substituir os tipos de argumentos requeridos na invocação de um construtor de uma classe genérica usando um conjunto vazio (<>)

Isto pode ser feito desde que o compilador seja capaz de inferir o tipo pelo contexto

<> é informalmente denominado por "diamante" (*diamond*).

Exemplo: Box<Integer> integerBox = new Box<>();

Métodos genéricos são métodos que definem e utilizam seus próprios parâmetros de tipo.

O escopo do parâmetro de tipo é limitado ao método em que é declarado.

São permitidos métodos estáticos, não-estáticos e construtores de classes genéricos.

A sintaxe de um método genérico inclui o parâmetro de tipo englobado por <> e deve aparecer antes do tipo de retorno do método

Em métodos estáticos, a seção de parâmetros de tipo deve vir antes do retorno do método

Orientação a Objetos

Métodos Genéricos

```
public class Util {
        // Generic static method
        public static <K, V> boolean compare(Pair<K, V> p1, Pair<K, V> p2) { return p1.getKey().equals
        (p2.getKey()) && p1.getValue().equals(p2.getValue());
        }
}
```

```
public class Pair<K, V> {
        private K key; private V value;
        // Generic constructor
        public Pair(K key, V value) {
        this.key = key; this.value = value;
        }

        // Generic methods
        public void setKey(K key) { this.key = key; }
        public void setValue(V value) { this.value = value; }
        public K getKey() { return key; }
        public V getValue() { return value; }
}
```

Sintaxe para a invocação de método genérico

```
Pair<Integer, String> p1 = new Pair<>(1, "apple");
Pair<Integer, String> p2 = new Pair<>(2, "pear");
boolean same = Util.<Integer, String>compare(p1, p2);
```

Usando inferência de tipos:

```
Pair<Integer, String> p1 = new Pair<>(1, "apple");
Pair<Integer, String> p2 = new Pair<>(2, "pear");
boolean same = Util.compare(p1, p2);
```

O tipo dos argumentos em um parâmetro de tipo pode ser restringido quando necessário.

Exemplo: um método que opera sobre números somente deve aceitar instâncias de Number ou de suas subclasses.

Para declarar um parâmetro de tipo restrito (*bounded type parameter*) basta listar o nome do parâmetro de tipo seguido da palavra *extends* seguida da restrição superior (*upper bound*)

Orientação a Objetos

Parâmetros de tipo restritos

```
public class Box<T> {
        private T t;
        public void set(T t) { this.t = t; }
        public T get() { return t; }
       public <U extends Number> void inspect(U u){
              System.out.println("T: " + t.getClass().getName());
              System.out.println("U: " + u.getClass().getName());
       }
        public static void main(String[] args) {
              Box<Integer> integerBox = new Box<Integer>();
              integerBox.set(new Integer(10));
              integerBox.inspect("some text"); // error: this is still String!
        }
}
```

Tipos restritos permitem a invocação de métodos dentro do limite da restrição

Exemplo:

```
public class NaturalNumber<T extends Integer> {
        private T n;

        public NaturalNumber(T n) { this.n = n; }
        public boolean isEven() {
                return n.intValue() % 2 == 0;
        } // ...
}
```

Parâmetros de tipo restritos múltiplos

Parâmetros de tipo podem ter restriçõs múltiplas.

Exemplo: <T extends B1 & B2 & B3>

Uma variável de tipo com restrições múltiplas e subtipo de todos os tipos listados na restrição.

Classes devem ser especificadas primeiro na listagem declarativa.

Orientação a Objetos

Parâmetros de tipo restritos múltiplos

```
Class A { /* ... */ }
interface B { /* ... */ }
interface C { /* ... */ }

class D <T extends A & B & C> { /* ... */ }

class D <T extends B & A & C> { /* ... */ } // compile-time error
```

Exercício: Escreva um método genérico que conte o número de elementos em um array T[] que sejam maiores que um elemento elem

Parâmetros de tipo restritos múltiplos

Exercício: Escreva um método genérico que conte o número de elementos em um array T[] que sejam maiores que um elemento elem

```
public static <T> int countGreaterThan(T[] anArray, T elem) { int count = 0;
        for (T e : anArray)
                if (e > elem)
                        ++count;
        return count;
}
```

Parâmetros de tipo restritos múltiplos

Exercício: Escreva um método genérico que conte o número de elementos em um array T[] que sejam maiores que um elemento elem

```
public static <T> int countGreaterThan(T[] anArray, T elem) { int count = 0;
        for (T e : anArray)
                if (e > elem) // compiler error
                        ++count;
        return count;
}
```

```
public interface Comparable<T> {
        public int compareTo(T o);
}

public static <T extends Comparable<T>> int countGreaterThan( T[] anArray, T
elem) {
        int count = 0;
       for (T e : anArray)
              if (e.compareTo(elem))
                     ++count;
       return count;
}
```

Tipos genéricos permitem a abstração sobre tipos

O exemplos mais comum de uso de genéricos em Java é a hierarquia de Coleções

Uso típico de Containers

```
List myIntList = new LinkedList();                    // 1
myIntList.add(new Integer(0));                        // 2
Integer x = (Integer) myIntList.iterator().next(); // 3
```

Problema: o compilador somente pode garantir que um Object seja retornado pelo método next() do iterator

Para assegurar que a atribuição seja segura é necessário uso *casting*

Como evitar o uso do *casting*?

Solução: usar os tipos genéricos do Java

```
List myIntList = new LinkedList();                    // 1
myIntList.add(new Integer(0));                        // 2
Integer x = (Integer) myIntList.iterator().next(); // 3
```

```
List<Integer> myIntList = new LinkedList<Integer>(); // 1'
myIntList.add(new Integer(0));                        // 2'
Integer x = myIntList.iterator().next();              // 3'
```

A declaração da variável myIntList especifica que ela não é simplesmente do tipo List, mas do tipo List of Integer, representada como List<Integer>

List<**E**> é uma interface genérica que toma um parâmetro de tipo (*type parameter***)** E

O argumento real do parâmetro de tipo deve ser especificado na criação de uma instância da lista (Integer)

Com a introdução de tipos genéricos não é mais necessário o uso do *casting*

Mas as diferenças não param ai

Com tipos genéricos o compilador pode checar a corretude do programa em tempo de compilação

A declaração de myIntList como List<Integer> é uma afirmação que será sempre verdade

Por outro lado, o *casting* apenas nos diz o que o programador acha que é verdade em um ponto do código

Isso favorece a robustez e legibilidade do código

```
List myIntList = new LinkedList();                    // 1
myIntList.add(new Integer(0));                        // 2
Integer x = (Integer) myIntList.iterator().next(); // 3
```

```
List<Integer> myIntList = new LinkedList<Integer>(); // 1'
myIntList.add(new Integer(0));                        // 2'
Integer x = myIntList.iterator().next();              // 3'
```

Exemplo de definição de um tipo genérico simples

```
public interface List <E> {
  void add(E x);
  Iterator<E> iterator();
}
public interface Iterator<E> {
  E next();
  boolean hasNext();
}
```

Os elementos entre *brackets* são os parâmetros de tipos formais

Na invocação de um tipo parametrizado, todas as ocorrências do parâmetro formal são substituídas pelo argumento real (Integer)

Entretanto, List<Integer> não corresponde ao código abaixo

```
public interface IntegerList {
        void add(Integer x);
        Iterator<Integer> iterator();
}
```

Isto significa que não há nenhum tipo de expansão

Uma declaração de tipo genérico é compilada uma única vez e gera somente um único arquivo de classe como uma declaração de classe ou interface normal

Tipos genéricos do Java são diferentes de Templates em C++

Parâmetros de tipo são análogos aos parâmetros comuns

Parâmetros formais de métodos e construtores descrevem os tipos de valores sobre os quais eles operam

Similarmente uma declaração genérica tem parâmetros de tipos formais

Quando um método é invocado os parâmetros formais são substituídos pelos argumentos reais

Similarmente na invocação de um genérico o parâmetro de tipo formal é substituído pelo argumento de tipo real

Deve-se tomar muito cuidado ao considerar subtipos e genéricos em uma mesma construção

Considere o exemplo abaixo

```
List<String> ls = new ArrayList<String>(); // 1
List<Object> lo = ls;                      // 2
lo.add(new Object());                      // 3
String s = ls.get(0);                      // 4: Attempts to assign an
                                           // Object to a String!
```

Questão: uma List<String> é um subtipo de uma List<Object>?

```
List<String> ls = new ArrayList<String>(); // 1
List<Object> lo = ls;                      // 2
lo.add(new Object());                      // 3
String s = ls.get(0); // 4: Attempts to assign an
                      // Object to a String!
```

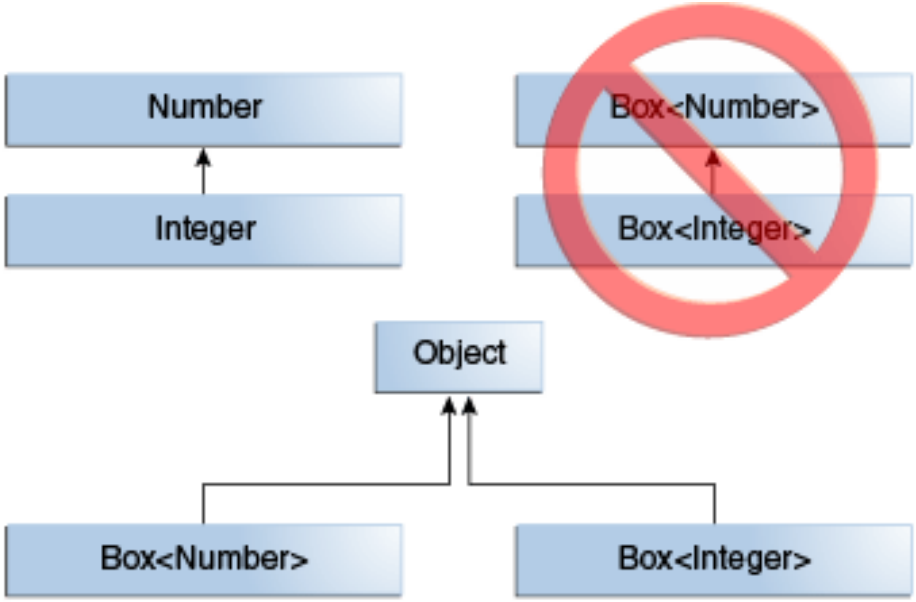
Se for verdade então:

- É possível atribuir uma referência de **ls** para **lo** (2)
- É possível adicionar um Object a um objeto que é uma lista de Strings (3)
- Mas não será possível atribuir um objeto de **List<String>** para uma variável de tipo String (4)

```
List<String> ls = new ArrayList<String>(); // 1
List<Object> lo = ls;                      // 2
lo.add(new Object());                      // 3
String s = ls.get(0); // 4: Attempts to assign an
                      // Object to a String!
```

Conclusão:

Sejam A e B classes (ou interfaces) , B $\subseteq$ A e G<> uma classe genérica, então não é verdade que G<B> $\subseteq$ G<A>


Number
Integer
Box<Number>
Box<Integer>
Object
Box<Number>
Box<Integer>

Considere o problema de imprimir todos os elementos de uma coleção

Solução sem usar genéricos

```
void printCollection(Collection c) {
  Iterator i = c.iterator();
  for (k = 0; k < c.size(); k++)
    System.out.println(i.next());
}
```

Solução com genéricos

```
void printCollection(Collection<Object> c) {
  for (Object e : c)
    System.out.println(e);
}
```

Problema????

Solução com genéricos

```
void printCollection(Collection<Object> c) {
  for (Object e : c)
    System.out.println(e);
}
```

Problema: Collection<Object> não é um supertipo de todas as coleções possíveis

Qual o supertipo de todas as coleções possíveis?

Resposta: Collection<?>

Collection<?> é denominada coleção de desconhecidos

? é um símbolo denominado *wildcard*

Um wildcard (?) representa um tipo desconhecido.

Wildcards podem ser usados nas seguintes situações:

- Como o tipo de um parâmetro;
- Como o tipo de um campo;
- Como o tipo de uma variável local;
- Como um tipo de retorno de um método(pratica não recomendada

Wildcards jamais devem ser usados como argumentos de tipos em:

- Invocações de métodos genéricos;
- Criação de classes genéricas;
- Um supertipo;

Solução para imprimir uma coleção usando genéricos

```
void printCollection(Collection<?> c) {
  for (Object e : c)
    System.out.println(e);
}
```

É importante obter objetos Object da coleção

É seguro porque todo objeto em uma coleção qualquer é um Object

Wildcards

```
void printCollection(Collection c) {
  Iterator i = c.iterator();
  for (k = 0; k < c.size(); k++)
    System.out.println(i.next());
}
```

```
void printCollection(Collection<Object> c) {
  for (Object e : c)
    System.out.println(e);
}
```

```
void printCollection(Collection<?> c) {
  for (Object e : c)
    System.out.println(e);
}
```

Não é seguro entretanto atribuir objetos a uma coleção de desconhecidos

```
Collection<?> c = new ArrayList<String>(); c.add(new Object()); // Compile time error
```

Motivo: óbvio. Se não sabemos o tipo da coleção como podemos adicionar um Object?

Wildcards – recuperação de objetos a coleção de genéricos

É possível entretanto obter um Object de um Collection<?> ou um outro tipo genérico

```
Collection<?> c = new ArrayList<String>();
Object o =  c.get();
```

Exemplos de uso de Wildcards

```
public abstract class Shape {
  public abstract void draw(Canvas c);
}

public class Circle extends Shape {
  private int x, y, radius;
  public void draw(Canvas c) { ... }
}

public class Rectangle extends Shape {
  private int x, y, width, height;
  public void draw(Canvas c) { ... }
}

public class Canvas {
  public void drawAll(List<Shape> shapes) {
    for (Shape s: shapes)
      s.draw(this); }
}
```

Exemplos de uso de Wildcards

```
public abstract class Shape {
  public abstract void draw(Canvas c);
}

public class Circle extends Shape {
  private int x, y, radius;
  public void draw(Canvas c) { ... }
}

public class Rectangle extends Shape {
  private int x, y, width, height;
  public void draw(Canvas c) { ... }
}

public class Canvas {
  public void drawAll(List<? Extends Shape> shapes) {
    for (Shape s: shapes)
      s.draw(this); }
}
```

Orientação a Objetos

Exemplos de uso de Wildcards

```
public void addRectangle(List<? extends Shape> shapes) {
  shapes.add(0, new Rectangle()); // Compile-time error!
}
```

Exemplos de uso de Wildcards

```
static void fromArrayToCollection(Object[] a,
Collection<?> c) {
  for (Object o : a)
    c.add(o); // compile-time error
}
```

```
static <T> void fromArrayToCollection(T[] a,
Collection<T> c) {
  for (T o : a)
    c.add(o); // Correct
}
```

Mais exemplos de uso de genéricos

```
Object[] oa = new Object[100];
Collection<Object> co = new ArrayList<Object>();
fromArrayToCollection(oa, co); // T inferred to be Object

String[] sa = new String[100];
Collection<String> cs = new ArrayList<String>();

fromArrayToCollection(sa, cs); // T inferred to be String
fromArrayToCollection(sa, co); // T inferred to be Object

Integer[] ia = new Integer[100];
Float[] fa = new Float[100];
Number[] na = new Number[100];
Collection<Number> cn = new ArrayList<Number>();

fromArrayToCollection(ia, cn); // T inferred to be Number
fromArrayToCollection(fa, cn); // T inferred to be Number
fromArrayToCollection(na, cn); // T inferred to be Number
fromArrayToCollection(na, co); // T inferred to be Object
fromArrayToCollection(na, cs); // compile-time error
```

Mais exemplos de uso de genéricos

```
interface Sink<T> {
  flush(T t);
}

public static <T> T writeAll(Collection<T> coll, Sink<T> snk)
{
  T last;
  for (T t : coll) {
    last = t;
    snk.flush(last);
  }
  return last;
}

Sink<Object> s;
Collection<String> cs;
String str = writeAll(cs, s); // Illegal call.
```

Mais exemplos de uso de genéricos

```
interface Sink<T> {
  flush(T t);
}

public static <T> T writeAll(Collection<? extends T>,
Sink<T>) {
  T last;
  for (T t : coll) {
    last = t;
    snk.flush(last);
  }
  return last;
}

Sink<Object> s;
Collection<String> cs;
String str = writeAll(cs, s); // Call is OK, but wrong return
type.
```

Orientação a Objetos

Mais exemplos de uso de genéricos

```
interface Sink<T> {
  flush(T t);
}

public static <T> T writeAll(Collection<T>, Sink<? super T>)
{
  T last;
  for (T t : coll) {
    last = t;
    snk.flush(last);
  }
  return last;
}

Sink<Object> s;
Collection<String> cs;
String str = writeAll(cs, s); // OK!!!
```

Orientação a Objetos

Restrições sobre tipos genéricos

1. Não é possível instanciar tipos genéricos com tipos primitivos
2. Não é possível criar instâncias de tipos parametrizados
3. Não é possível declarar campos estáticos cujos tipos sejam parametrizados
4. Não é possível usar *casts* ou *instanceof* com tipos parametrizados
5. Não é possível criar arrays de tipos parametrizados
6. Não é possível criar, usar Catch ou usar Throw em objetos de tipos parametrizados
7. Não é possível sobrecarregar um método cujo parâmetro formal leva ao mesmo tipo cru (Raw Type) durante o processo de apagamento de tipo (Type Erasure)

Exercícios

(obtidos da página da oracle
http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/generics/QandE/generics-questions.html)

1 - Write a generic method to count the number of elements in a collection that have a specific property (for example, odd integers, prime numbers, palindromes).

2- Will the following class compile? If not, why?

```
public final class Algorithm {
    public static T max(T x, T y) { return x > y ? x : y; }
}
```

3 - Write a generic method to exchange the positions of two different elements in an array.

8 - Write a generic method to find the maximal element in the range [begin, end) of a list (difícil).

Orientação a Objetos

Exercícios

(obtidos da página da oracle
http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/generics/QandE/generics-questions.html)

10 - Given the following classes:

```
class Shape { /* ... */ }
class Circle extends Shape { /* ... */ }
class Rectangle extends Shape { /* ... */ }
class Node<T> { /* ... */ }
```

Will the following code compile? If not, why?

```
Node<Circle> nc = new Node<>();
Node<Shape> ns = nc;
```

Orientação a Objetos

Exercícios

(obtidos da página da oracle
http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/generics/QandE/generics-questions.html)

11 - Consider this class:

```
class Node<T> implements Comparable<T> {
public int compareTo(T obj) { /* ... */ }
// ...
 }
```

Will the following code compile? If not, why?

```
Node<String> node = new Node<>();
Comparable<String> comp = node;
```

Orientação a Objetos

Exercícios

1- Escreva uma implementação em Java para uma árvore binária com as operações de inserção e busca.

2- Estenda o código do exercício de mineração de documentos para uso de documentos genéricos.