

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujo

Paso de
parámetros

Alcance de las
variables

Gestión de
memoria

Paradigmas
de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros
paradigmas

Basado en
interacción

Bibliografía

Tema 1. Introducción (Parte 1)

Lenguajes, Tecnologías y Paradigmas de Programación (LTP)

DSIC, ETSInf



Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- 1 Motivación
- 2 Conceptos esenciales en lenguajes de programación
 - Tipos y sistemas de tipos
 - Polimorfismo
 - Reflexión
 - Procedimientos y control de flujo
 - Gestión de memoria
- 3 Principales paradigmas de programación: imperativo, funcional, lógico, orientado a objetos, concurrente
 - Paradigma imperativo
 - Paradigma declarativo
 - Paradigma orientado a objetos
 - Paradigma concurrente
- 4 Otros paradigmas: basado en interacción, emergentes
 - Paradigma basado en interacción
- 5 Bibliografía

Objetivos del tema

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujo

Paso de
parámetros

Alcance de las
variables

Gestión de
memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en
interacción

Bibliografía

- Conocer la evolución de los lenguajes de programación (LP) y cuáles han sido sus aportaciones más importantes en cuanto al impacto en el diseño de otros lenguajes.
- Entender los principales paradigmas de programación disponibles hoy en día y sus principales características.
- Comprender los distintos mecanismos de abstracción (genericidad, herencia y modularización) y paso de parámetros.
- Identificar aspectos fundamentales de los LP: alcance estático/dinámico, gestión de memoria.
- Entender los criterios que permiten elegir el paradigma/lenguaje de programación más adecuado en función de la aplicación, envergadura y metodología de programación.
- Entender las características de los LP en relación al modelo subyacente (paradigma) y a sus componentes fundamentales (sistemas de tipos y clases, modelo de ejecución, abstracciones).
- Entender las implicaciones de los recursos expresivos de un LP en cuanto a su implementación.

Una historia que empezó en 1950

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

AÑOS 50:

- Tiempo del programador barato, máquinas caras:
keep the machine busy
- Cuando no se programaba directamente el hardware, el programa se compilaba a mano para obtener la máxima eficiencia para un hardware concreto:
conexión directa entre lenguaje y hardware

ACTUALIDAD:

- Tiempo del programador caro, máquinas baratas:
keep the programmer busy
- El programa se construye para ser eficiente y se compila automáticamente para generar código portable que sea, a la vez, eficiente:
conexión directa entre diseño del programa y lenguajes: objetos, concurrencia, etc.

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Enseñanza de los LP

Tres aproximaciones

- 1 Programación como un oficio
- 2 Programación como una rama de las matemáticas
- 3 Programación en términos de conceptos

1. Programación como un oficio

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- Se estudia en un paradigma único y con un único lenguaje
- Puede ser contraproducente. Por ejemplo, aprender a manipular listas en ciertos lenguajes puede llevar a la conclusión errónea de que el manejo de listas es siempre tan complicado y costoso:

1. Programación como un oficio

ZIP lists en Java

```
class Pair<A, B> {  
    private A left;  
    private B right;  
  
    public Pair(A left, B right) {  
        this.left = left;  
        this.right = right;  
    }  
  
    public class MyZip {  
        public static <A, B> List<Pair<A, B>> zip(List<A> as, List<B> bs) {  
            Iterator<A> it1 = as.iterator();  
            Iterator<B> it2 = bs.iterator();  
            List<Pair<A, B>> result = new ArrayList<>();  
            while (it1.hasNext() && it2.hasNext()) {  
                result.add(new Pair<A, B>(it1.next(), it2.next()));  
            }  
            return result;  
        }  
  
        public static void main(String[] args) {  
            List<Integer> x = Arrays.asList(1, 2, 3);  
            List<String> y = Arrays.asList("a", "b", "c");  
            List<Pair<Integer, String>> zipped = zip(x, y);  
            System.out.println(zipped);  
        }  
    }  
}
```

Salida

```
[(1,a), (2,b), (3,c)]
```

```
public A left() { return left; }  
public B right() { return right; }  
public String toString() {  
    return "(" + left + "," +  
        right + ")";  
}
```

ZIP lists en Haskell

```
zip :: [a] -> [b] -> [(a,b)]
```

```
zip [] xs           = []  
zip (x:xs) []       = []  
zip (x:xs) (y:ys) = (x,y):zip xs ys
```

Uso

```
: zip [1,2,3] ["a","b","c"]  
[(1,"a"), (2,"b"), (3,"c")]
```

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

2. Programación como una rama de las matemáticas

- O bien se estudia en un lenguaje *ideal*, restringido (Dijkstra) o el resultado es demasiado teórico, alejado de la práctica.

2. Programación como una rama de las matemáticas

Ejemplo: verificación formal (de un programa de una línea)

El programa

```
while (x<10) x:=x+1;
```

La prueba

Partimos de la expresión (*Hoare triple*)

```
{ $x \leq 10$ } while (x<10) x:=x+1 { $x=10$ }
```

La condición del bucle es $x < 10$. Usamos el invariante de bucle $x \leq 10$ y con estas asunciones podemos probar la expresión

```
{ $x < 10 \wedge x \leq 10$ } x:=x+1 { $x \leq 10$ }
```

Esta expresión se deriva formalmente de las reglas de la lógica de Floyd-Hoare, pero también puede justificarse de forma intuitiva: *La computación comienza en un estado donde se cumple $x < 10 \wedge x \leq 10$, lo que es equivalente a decir que $x < 10$. La computación añade 1 a x, por lo que tenemos que $x \leq 10$ es cierto (en el dominio de los enteros)*

Bajo esta premisa, la regla para el bucle while nos permite sacar la conclusión

```
{ $x \leq 10$ } while (x<10) x:=x+1 { $\neg(x < 10) \wedge x \leq 10$ }
```

Y podemos ver que la postcondición de esta expresión es lógicamente equivalente a $x=10$.

3. Programación en términos de conceptos

- Se estudia un conjunto de **conceptos semánticos** y **estructuras de implementación** en términos de los cuales se describen de forma natural diferentes lenguajes y sus implementaciones

3. Programación en términos de conceptos

Un lenguaje de programación puede combinar características de distintos bloques

Lenguaje funcional

- (+) Polimorfismo
- (+) Estrategias
- (+) Orden superior

Lenguaje lógico

- (+) No determinismo
- (+) Variables lógicas
- (+) Unificación

Lenguaje *kernel*

- (+) Abstracción de datos
- (+) Recursión
- (+) ...

Lenguaje imperativo

- (+) Estados explícitos
- (+) Modularidad
- (+) Componentes

Lenguaje OO

- (+) Clases
- (+) Herencia

Lenguaje *dataflow*

- (+) Concurrencia

Conceptos esenciales

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Destacamos los siguientes conceptos:

- Tipos y sistemas de tipos
- Polimorfismo
- Reflexión
- Paso de parámetros
- Ámbito de las variables
- Gestión de memoria

Tipos y sistemas de tipos

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Un **tipo** representa el conjunto de valores que puede adoptar una variable o expresión. Los tipos:

- Ayudan a detectar **errores** de programación
*Solo los programas que utilizan las expresiones según el tipo que tienen aplicando las funciones permitidas son **legales***
- Ayudan a **estructurar** la información
Los tipos pueden verse como colecciones de valores que comparten ciertas propiedades
- Ayudan a manejar estructuras de **datos**
Los tipos indican cómo utilizar las estructuras de datos que comparten el mismo tipo mediante ciertas operaciones

Tipos y sistemas de tipos

Lenguajes tipificados

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- En los lenguajes **tipificados**, las variables tienen un tipo asociado (e.g., C, C++, C#, Haskell, Java, Maude).
- Los lenguajes que no restringen el rango de valores que pueden adoptar las variables son **no tipificados** (e.g., Lisp, Prolog).
 - También puede entenderse que todos los valores tienen un tipo único o universal

Tipos y sistemas de tipos

Lenguajes tipificados

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

El sistema de tipos establece qué tipo de asociación de variables es posible:

- El **valor** asociado a la variable debe tener el tipo de ésta (e.g., C, Haskell)
- El **valor** asociado a la variable puede ser de otros tipos *compatibles* relacionados con el tipo de la variable (e.g., C++, C#, Java).
- De forma ortogonal, además, el tipo del valor asociado a una variable puede cambiar:
 - **Tipado Estático**: el tipo del valor no cambia durante la ejecución
 - **Tipado Dinámico**: el tipo del valor puede cambiar durante la ejecución

Tipos y sistemas de tipos

Lenguajes tipificados

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

$$\text{Lenguajes tipificados} = \text{Expresiones de programa} + \text{Sistemas de tipos}$$

- En los lenguajes con tipificación **explícita**, los tipos forman parte de la sintaxis.
- En los lenguajes con tipificación **implícita**, los tipos **no** forman parte de la sintaxis.

Tipos y sistemas de tipos

Ejemplos de tipificación

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de

parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- Lenguaje **no tipificado**: Prolog

```
objeto(llave) .
objeto(pelota) .
cosa(X) <- objeto(X) .
```

La variable x no tiene tipo asociado.

- Lenguaje con **tipificación explícita**: Java

```
int x;
x = 42;
```

Todas las variables deben ser declaradas, y en la declaración debe especificarse su tipo explícitamente

- Lenguaje con **tipificación implícita**: Haskell

```
fac 0 = 1
fac x = x * fac (x-1)
```

El sistema de tipos infiere automáticamente el tipo de la variable x

Tipos y sistemas de tipos

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo
Sobrecarga
Coerción
Genericidad
Inclusión
Reflexión
Procedimientos y control de flujo
Paso de parámetros
Alcance de las variables
Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo
Declarativo
OO
Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Para definir el tipo de las variables o expresiones usamos un *lenguaje de expresiones de tipo*.

Ejemplo de lenguaje de expresiones de tipo

- Tipos básicos o primitivos: `Bool`, `Char`, `Int`, ...
- Variables de tipo: `a`, `b`, `c`, ...
- Constructores de tipo:
 - \rightarrow para definir funciones,
 - \times para definir pares,
 - `[]` para definir listas
 - ...
- Reglas de construcción de las expresiones:

$$\tau ::= \text{Bool} \mid \text{Char} \mid \text{Int} \mid \dots \mid \tau \rightarrow \tau \mid \tau \times \tau \mid [\tau]$$

Tipos y sistemas de tipos

Tipos monomórficos y tipos polimórficos

- Los tipos en cuya expresión de tipo **no** aparece ninguna variable de tipo se denominan **monotipos** o **tipos monomórficos**.
- Los tipos en cuya expresión de tipo aparece alguna variable de tipo se denominan **politipos** o **tipos polimórficos**.
- Un tipo polimórfico representa un conjunto infinito de monotipos

Tipos y sistemas de tipos

Ejemplo de expresiones de tipos

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- Expresión de tipo predefinido. Tipos básicos `Bool`, `Int`, ...

`Bool` es el tipo de los valores booleanos `True` y `False`

- Expresión de tipo funcional.

`Int` \rightarrow `Int` es el tipo de la función `fact` vista antes, que devuelve el factorial de un número.

- Expresión de tipo parametrizado.

`[a]` \rightarrow `Int` es el tipo de la función `length`, que calcula la longitud de una lista.

Tipos y sistemas de tipos

Ejemplo de expresiones de tipos

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de

parámetros

Alcance de las

variables

Gestión de

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

00

Concurrente

Otr

521

Basavanna

interacción

Bibliografía

- Expresión de tipo predefinido. Tipos básicos `Bool`, `Int`, ...

Bool es el tipo de los valores booleanos True y False

tipos monomórficos

- Expresión de tipo funcional.

$\text{Int} \rightarrow \text{Int}$ es el tipo de la función `fact` vista antes, que devuelve el factorial de un número.

tipo polimórfico

- Expresión de tipo parametrizado.

[a] ← Int es el tipo de la función length, que calcula la longitud de una lista.

variable de tipo

constructor de tipo

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- Es una característica de los lenguajes que permite manejar valores de distintos tipos usando una interfaz uniforme
- Se aplica tanto a funciones como a tipos:
 - Una función puede ser polimórfica con respecto a uno o varios de sus argumentos.

La suma (+) puede aplicarse a valores de diferentes tipos como enteros, reales, ...

- Un tipo de datos puede ser polimórfico con respecto a los tipos de los elementos que contiene.

Una lista con elementos de un tipo arbitrario es un tipo polimórfico

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

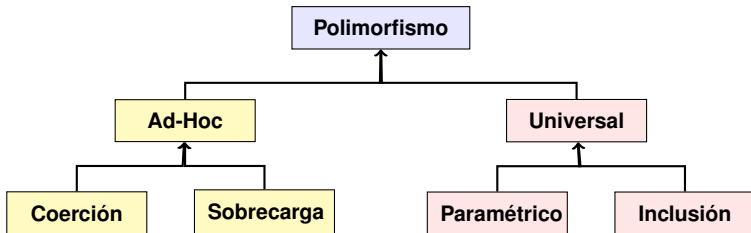
Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Polimorfismo

Tipos de polimorfismo



- Ad-hoc o aparente: trabaja sobre un número finito de tipos no relacionados
 - Sobrecarga
 - Coerción
- Universal o verdadero: trabaja sobre un número potencialmente infinito de tipos *con cierta estructura común*
 - paramétrico (genericidad)
 - de inclusión (herencia)

- **Sobrecarga:** existencia de distintas funciones con el mismo nombre.

- Los operadores aritméticos $+$, $-$, $*$, $/$, \dots suelen estar sobrecargados:

$$(+)\quad :: \text{Int} \rightarrow \text{Int} \rightarrow \text{Int}$$

```
(+) :: Float -> Float -> Float
```

```
(+) :: Complex -> Complex -> Complex
```

```
(+) :: Int -> Float -> Float
```

corresponden a distintos usos de +

- El operador `+` no puede recibir el politipo

$$(+) :: a \rightarrow a \rightarrow a$$

porque significaría dotar de significado (e implementación) a la *suma* de caracteres, funciones, listas, etc., lo cual puede interesarnos o no

Polimorfismo. Sobrecarga

Ejemplo de sobrecarga en Java (1)

En Java, la sobrecarga de métodos se realiza cambiando el tipo de los parámetros:

```
/* overloaded methods */
```

```
int myAdd(int x, int y, int z) {
```

```
...
```

```
}
```

```
double myAdd(double x, double y, double z) {
```

```
...
```

```
}
```

Polimorfismo. Sobrecarga

Ejemplo de sobrecarga en Java (2)

```
public class Overload {  
    public void numbers(int x, int y) {  
        System.out.println("Method that gets integer numbers");  
    }  
    public void numbers(double x, double y, double z) {  
        System.out.println("Method that gets real numbers");  
    }  
    public int numbers(String st) {  
        System.out.println("The length of " + st + " is " +  
            st.length());  
        return st.length();  
    }  
    public static void main(...) {  
        Overload s = new Overload();  
        int a = 1;  
        int b = 2;  
        s.numbers(a,b);  
        s.numbers(3.2,5.7,0.0);  
        a = s.numbers("Madagascar");  
    }  
}
```

No tiene por qué haber coincidencia en cuanto al número ni en cuanto al tipo de los parámetros/resultado

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Polimorfismo. Coerción

Polimorfismo Ad-Hoc: Coerción

- **Coerción:** conversión (implícita o explícita) de valores de un tipo a otro.
- Cuando es implícita suele hacerse usando una jerarquía de tipos o de su representación.

Por ejemplo, en la mayoría de lenguajes, para los argumentos de los operadores aritméticos existe coerción entre valores enteros y reales

- Algunos lenguajes permiten forzar una coerción explícita.
 - Lenguajes de la familia de C (sentencia *Cast*)
 - En Java es posible transformar:
 - una variable primitiva de un tipo básico a otro
 - un objeto de una clase a una superclase

Polimorfismo. Coerción

Ejemplo de coerción en Java

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Conversión implícita en Java:

```
int num1 = 100        // 4 bytes
long num2 = num1       // 8 bytes
```

Conversión explícita en Java:

```
int num1 = 100                // 4 bytes
short num2 = (short) num1     // 2 bytes
char c = (char) num1          // 2 bytes

String s = Integer.toString(num1)
```

Polimorfismo. Genericidad

Polimorfismo Universal: Genericidad

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- **Genericidad/Paramétrico:** la definición de una función o la declaración de una clase presenta una estructura que es común a un número potencialmente infinito de tipos

- En Haskell podemos definir y usar tipos genéricos y funciones genéricas
- En Java podemos definir y usar clases genéricas y métodos genéricos

Polimorfismo. Genericidad

Ejemplo de genericidad en Haskell

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujo

Paso de
parámetros

Alcance de las
variables

Gestión de
memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en
interacción

Bibliografía

Usando **un tipo genérico** (con variables de tipo), podemos definir una estructura de datos para representar y manipular las entradas (de cualquier tipo) de un *diccionario*:

```
type Entry k v = (k,v)
```

```
getKey :: Entry k v -> k
```

```
getKey (x,y) = x
```

```
getValue :: Entry k v -> v
```

```
getValue (x,y) = y
```

Con una **función genérica** podemos calcular la longitud de una lista cuyos elementos son de cualquier tipo:

```
length :: [a] -> Integer
```

```
length [] = 0
```

```
length (x:xs) = 1 + (length xs)
```

Polimorfismo. Genericidad

Ejemplo de genericidad en Java (1/2)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Podemos usar una clase genérica (con parámetros) para definir una entrada de un *diccionario*:

```
public class Entry<K,V>{
    private final K mKey;
    private final V mValue;

    public Entry(K k, V v){
        mKey = k;
        mValue = v;
    }

    public K getKey(){
        return mKey;
    }

    public V getValue(){
        return mValue;
    }
}
```

Podemos definir un **método genérico** para calcular la longitud de un array de *cualquier* tipo:

```
public static <T> int lengthA(T[] inputArray){
    ...
}
```

Polimorfismo. Genericidad

Ejemplo de genericidad en Java (2/2)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo
OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Ejemplo de uso de entradas de un diccionario:

parametrización

```
Entry<Integer,String> elem1 = new Entry<>(3,"Programming");  
System.out.println(elem1.getValue());
```

Ejemplo de uso del método genérico para la longitud de un array:

```
Integer[] intArray = {1, 2, 3, 5};  
Double[] doubleArray = {1.1, 2.2, 3.3};  
  
System.out.println("Array length =" + lengthA(intArray));  
System.out.println("Array length =" + lengthA(doubleArray));
```


Polimorfismo. Genericidad

Algunas consideraciones de la genericidad en Java

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- Una clase genérica es una clase convencional, salvo que dentro de su declaración utiliza una **variable de tipo** (parámetro), que será definido cuando sea utilizado.
- Dentro de una clase genérica se pueden utilizar otras clases genéricas
- Una clase genérica puede tener varios parámetros

Polimorfismo Universal: Inclusión/Herencia

Conceptos

Gestión de memoria

Concurrente

Basado en
interacción

Bibliografía

- **Inclusión o Herencia:** la definición de una función trabaja sobre tipos que están relacionados siguiendo una jerarquía de inclusión.
- En la orientación a objetos la herencia es el mecanismo más utilizado para permitir la **reutilización y extensibilidad**.

La herencia organiza las clases en una estructura jerárquica formando **jerarquías de clases**

Polimorfismo. Inclusión

Polimorfismo Universal: Inclusión/Herencia

IDEA:

Una clase B heredará de una clase A cuando queremos que B tenga la estructura y comportamientos de la clase A. Además podremos

- añadir nuevos atributos a B
- añadir nuevos métodos a B

Y dependiendo del lenguaje podremos

- redefinir métodos heredados
- heredar de varias clases (en Java solo podemos heredar de una clase)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujoPaso de
parámetrosAlcance de las
variablesGestión de
memoria**Paradigmas
de programación**

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

**Otros
paradigmas**Basado en
interacción**Bibliografía**

Polimorfismo. Inclusión

Ejemplo de herencia en Java (1/2)

```
public class Bicycle {
    protected int cadence;
    protected int gear;
    protected int speed;
    public Bicycle (int startCad, int startSpeed,
                    int startGear) {
        cadence = startCad;
        speed = startSpeed;
        gear = startGear;
    }

    public void setCadence(int newValue) {
        cadence = newValue; }
    public void setGear(int newValue) {
        gear = newValue; }
    public void applyBrake(int decrement) {
        speed -= decrement; }
    public void speedUp(int increment) {
        speed += increment; }
}
```

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Polimorfismo. Inclusión

Ejemplo de herencia en Java (2/2)

```
public class MountainBike extends Bicycle {  
    public int seatHeight;  
    public MountainBike(int startHeight, int startCad,  
                        int startSpeed, int startGear){  
        super(startCad, startSpeed, startGear);  
        seatHeight = startHeight;  
    }  
}
```

- Las subclases se definen usando la palabra clave **extends**
- Se pueden añadir atributos, métodos y redefinir métodos

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

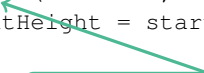
Basado en interacción

Bibliografía

Polimorfismo. Inclusión

Ejemplo de herencia en Java (2/2)

```
public class MountainBike extends Bicycle {  
    public int seatHeight;  
    public MountainBike(int startHeight, int startCad,  
                        int startSpeed, int starteGear){  
        super(startCad, startSpeed, StartGear);  
        seatHeight = startHeight;  
    }  
}
```



constructor de la clase padre

- Las subclases se definen usando la palabra clave **extends**
- Se pueden añadir atributos, métodos y redefinir métodos

Polimorfismo. Inclusión

Algunas consideraciones de la herencia en Java (1/3)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- En Java, la base de cualquier jerarquía es la clase `Object`.
- Si una clase se declara como `final`, no se puede heredar de ella
- Java solo tiene herencia simple
- A una variable de la superclase se le puede asignar una referencia a cualquier subclase derivada de dicha superclase, pero **no** al contrario.

Ejemplo de asignación válida

```
Bicycle b;  
MountainBike m = new MountainBike(75, 90, 25, 8);  
b = m
```

Polimorfismo. Inclusión

Algunas consideraciones de la herencia en Java (2/3)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- En Java se usan calificadores delante de los atributos y métodos para establecer qué variables de instancia y métodos de los objetos de una clase son visibles
 - Private:** ningún miembro o atributo `private` de la superclase es visible en las subclases u otras clases.

Si se usa para atributos de clase, deberán definirse métodos que accedan a dichos atributos

- Protected:** los miembros `protected` de la superclase son visibles en todas las subclases y en el propio paquete pero no visibles desde otros paquetes.
- Public:** los miembros `public` son visibles desde cualquier otra clase.
- Default:** los miembros con visibilidad `default` son visibles desde cualquier clase que esté en el mismo paquete.

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Polimorfismo. Inclusión

Algunas consideraciones de la herencia en Java (3/3)

| | Clase | Paquete | Subclase | Otros |
|-----------|-------|---------|----------|-------|
| Public | Sí | Sí | Sí | Sí |
| Private | Sí | No | No | No |
| Protected | Sí | Sí | Sí | No |
| Default | Sí | Sí | No | No |

Cuadro: Visibilidad en Java

Polimorfismo. Inclusión

Ejemplo de redefinición de método heredado en Java (1/2)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujo

Paso de
parámetros

Alcance de las
variables

Gestión de
memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo
OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en
interacción

Bibliografía

```
public class Employee {
    String name;
    int nEmployee, salary;
    static private int counter = 0;
    public Employee (String name, int salary){
        this.name = name;
        this.salary = salary;
        nEmployee = ++counter;
    }
    public void increaseSalary(int wageRaise){
        salary += (int) (salary*wageRaise/100);
    }
    public String toString(){
        return "Num. Employee " + nEmployee +
            " Name: " + name + " Salary: " + salary;
    }
}
```

Polimorfismo. Inclusión

Ejemplo de redefinición de método heredado en Java (2/2)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

```
public class Executive extends Employee{
    int budget;
    public Executive(String name, int salary){
        super(name, salary);
    }
    void assignBudget(int b){
        budget = b;
    }
    public String toString(){
        String s = super.toString();
        s = s + " Budget: " + budget;
        return s;
    }
}
```

Ejemplo de uso:

```
Executive boss = new Executive("Thomas Turner", 1000);
boss.assignBudget(1500);
boss.increaseSalary(5);
```

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Polimorfismo. Inclusión

Herencia en Java: Clases abstractas

- Una clase abstracta es la que se declara como `abstract`
 - Si una clase tiene un método `abstract` es obligatorio que la clase sea `abstract`.
 - Para los métodos declarados `abstract` no se da implementación.
 - Una clase abstracta no puede tener instancias.
- Todas las subclases que hereden de una clase abstracta, si ellas no son abstractas tendrán que redefinir los métodos abstractos dándoles una implementación.

Polimorfismo. Inclusión

Ejemplo de uso de clases abstractas en Java (1/2)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

```
public abstract class Shape {
    private float x, y; // Position of the shape
    public Shape (float initX, float initY){
        x = initX; y = initY;
    }
    public void move(float incX, float incY){
        x = x+incX; y = y+incY;
    }
    public float getX(){ return x; }
    public float getY(){ return y; }
    public abstract float perimeter();
    public abstract float area();
}
```

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujoPaso de
parámetrosAlcance de las
variablesGestión de
memoriaParadigmas
de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros
paradigmasBasado en
interacción

Bibliografía

Polimorfismo. Inclusión

Ejemplo de uso de clases abstractas en Java (2/2)

```

public class Square extends Shape {
    private float side;
    public Square (float initX, float initY, float initSide){
        super(initX,initY); // Call to super constructor
        side = initSide;
    }
    public float perimeter(){ return 4*side; }
    public float area(){ return side*side; }
}

public class Circle extends Shape {
    private float radius;
    public Circle(float initX, float initY, float initRadius){
        super(initX,initY); // Call to super constructor
        radius = initRadius;
    }
    public float perimeter(){ return 2*pi*radius; }
    public float area(){ return pi*radius*radius; }
}

```

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Polimorfismo. Inclusión

Ejemplo de uso de clases abstractas en Java (2/2)

```

public class Square extends Shape {
    private float side;
    public Square (float initX, float initY, float initSide){
        super(initX,initY); // Call to super constructor
        side = initSide;
    }
    public float perimeter(){ return 4*side; }
    public float area(){ return side*side; }
}

public class Circle extends Shape {
    private float radius;
    public Circle(float initX, float initY, float initRadius){
        super(initX,initY);
        radius = initRadius;
    }
    public float perimeter(){ return 2*pi*radius; }
    public float area(){ return pi*radius*radius; }
}

```

Y si quisiéramos extender este ejemplo con una forma nueva como el triángulo, ¿qué hay que hacer?

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Polimorfismo. Inclusión

Herencia en Java: Interfaces

Una interfaz **declara** los atributos y operaciones que deben definirse en las clases que implementan (**implements**) dicha interfaz

```
public interface MyInterface {
    public int method1(...);
    ...}

public class MyClass implements MyInterface {
    public int method1(...) {...}
    ...}
```

- Los métodos de una interfaz pueden ser abstractos, estáticos y default (incluyen una implementación por defecto). Su visibilidad puede ser “public”, “private” y “default”, pero no “protected”.
- Los atributos son estáticos y finales (constantes)
- Una clase puede implementar varias interfaces
- Las interfaces pueden heredar de otras interfaces (**extends**)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Cuestión: Inclusión y genericidad

Dadas la siguiente definición de clases:

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

¿Compila sin error el siguiente fragmento de código? ¿Por qué?

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

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Cuestión: Inclusión y genericidad

Responde a las siguientes cuestiones:

- ¿Puede una interfaz heredar de una clase?
- ¿Se pueden crear instancias de las clases interfaz?

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Qué es la reflexión

Cuando te miras en un espejo puedes:

- ver tu reflejo y
- reaccionar ante lo que ves

- En los **lenguajes de programación**, la reflexión es **la infraestructura** que, durante su ejecución, permite a un programa:
 - ver su propia estructura y
 - manipularse a sí mismo
- La reflexión se introdujo con el lenguaje LISP y está presente también en algunos lenguajes de script.

Permite, por ejemplo, definir programas capaces de monitorizar su propia ejecución y modificarse, en tiempo de ejecución, para adaptarse dinámicamente a distintas situaciones

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Reflexión

Lenguajes con reflexión

- Se caracterizan porque las propias instrucciones del lenguaje son tratadas como valores de un tipo de datos específico; En los lenguajes sin reflexión se ven como simples cadenas de caracteres
- Los lenguajes con reflexión pueden verse como **metalenguajes** del propio lenguaje.

Se llama metalenguaje a aquél con el que podemos escribir metaprogramas (programas que manipulan programas como compiladores, analizadores, etc.)

Reflexión

Debe usarse con cautela

- Mal usada puede afectar
 - al rendimiento del sistema ya que suele ser costosa

Si puede hacerse sin usar reflexión, no la uses

- a la seguridad ya que puede exponer información comprometida sobre el código

La reflexión rompe la abstracción, con reflexión puede accederse a atributos y métodos privados, etc.

- Es una característica avanzada pero no complicada, especialmente en lenguajes funcionales, gracias a la dualidad natural entre datos y programas (homoiconicidad).

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

ReflexiónProcedimientos y
control de flujoPaso de
parámetrosAlcance de las
variablesGestión de
memoria

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Basado en
interacción

Reflexión

La reflexión en Java

- En Java la reflexión se usa mediante la biblioteca `java.lang.reflect`

La biblioteca proporciona clases para representar de forma estructurada información de las clases, variables, métodos, etc.

- Se puede inspeccionar clases, interfaces, atributos y métodos sin conocer los nombres de los mismos en tiempo de compilación. Por ejemplo podemos
 - leer de teclado un `String` con el que poder crear un objeto con ese nombre, o invocar un método con ese nombre,
 - leer todos los métodos consultores (get) o modificadores (set) de una clase,
 - acceder a atributos y métodos privados de una clase.

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

```
import java.lang.reflect.*;

public class MyClass {...}

...
MyClass myClassObj = new MyClass();
// get the class information:
Class<? extends MyClass> objMyClassInfo =
    myClassObj.getClass();

// get the fields:
Field[] allDeclaredVars = objMyClassInfo.getDeclaredFields();
// travel the fields:
for (Field variable : allDeclaredVars) {
    System.out.println("Name of GLOBAL VARIABLE: " +
        variable.getName());
}
```

Otros métodos definidos en la clase Class:

```
Constructor[] getConstructors();
Field[]        getDeclaredFields();
Method[]       getDeclaredMethods();

...
```

Procedimientos y control de flujo

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Existen algunos conceptos relacionados con el control de flujo de los programas y la definición y llamada a procedimientos.

- **Paso de parámetros.** Cuando se hace una llamada a un método o función hay un cambio de contexto que puede hacerse de distintas formas. Veremos las principales.
- **Ámbito de las variables.** Es necesario determinar si un objeto o variable es visible en un momento determinado de la ejecución y este cálculo puede hacerse de forma estática o bien de forma dinámica.

Paso de parámetros

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Uno de los mecanismos de abstracción básicos es organizar las tareas de un programa definiendo funciones, métodos o procedimientos que resuelven subtarefas. Así, en un momento determinado se puede **invocar** a dichos procedimientos.

- **LLAMADA:** $f(e_1, \dots, e_n)$ con e_1, \dots, e_n expresiones.
 - al ejecutarse la llamada, el flujo de control pasará al cuerpo de la función f y, una vez éste termine, volverá al flujo desde el que se hizo la llamada.
 - e_1, \dots, e_n son los llamados **parámetros de entrada/reales** (*actual parameters*)
- **DECLARACIÓN:** $f(x_1, \dots, x_n)$ con x_1, \dots, x_n variables.
 - x_1, \dots, x_n son los llamados **parámetros formales** (*formal parameters*)
 - Los parámetros formales son variables locales al cuerpo de la función declarada

Paso de parámetros

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Existen distintos tipos de paso de parámetros

- Paso por valor (*call by value*)
- Paso por referencia (*call by reference/call by address*)
- Paso por necesidad (*call by need*)

Existen más modalidades de paso de parámetros pero éstas son las más frecuentes en los lenguajes de programación

Paso de parámetros

Paso por valor

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujo

**Paso de
parámetros**

Alcance de las
variables

Gestión de
memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en
interacción

Bibliografía

Se calculan los valores v_i de los parámetros de entrada e_i en la llamada y se copian en los parámetros formales x_i

- en el cuerpo de la función se trabaja sobre una referencia a memoria diferente.

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}

...
int a = 10;
inc(a);
```

Paso de parámetros

Paso por valor

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujo

**Paso de
parámetros**

Alcance de las
variables

Gestión de
memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en
interacción

Bibliografía

Se calculan los valores v_i de los parámetros de entrada e_i en la llamada y se copian en los parámetros formales x_i

- en el cuerpo de la función se trabaja sobre una referencia a memoria diferente.

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}

...
int a = 10;
inc(a);
```

$a = 10$

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paso de parámetros

Paso por valor

Se calculan los valores v_i de los parámetros de entrada e_i en la llamada y se copian en los parámetros formales x_i

- en el cuerpo de la función se trabaja sobre una referencia a memoria diferente.

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}
...
int a = 10;
inc(a);
```

$a = 10$

En la llamada:

Se copia el valor 10 en el parámetro formal v

Paso de parámetros

Paso por valor

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Se calculan los valores v_i de los parámetros de entrada e_i en la llamada y se copian en los parámetros formales x_i

- en el cuerpo de la función se trabaja sobre una referencia a memoria diferente.

```
void inc(int v)
```

```
{
```

```
    v = v + v;
```

```
}
```

```
...
```

```
int a = 10;
```

```
inc(a);
```

$v = 10$

$a = 10$

Paso de parámetros

Paso por valor

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Se calculan los valores v_i de los parámetros de entrada e_i en la llamada y se copian en los parámetros formales x_i

- en el cuerpo de la función se trabaja sobre una referencia a memoria diferente.

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}

...
int a = 10;
inc(a);
```

$v = 20$

$a = 10$

Paso de parámetros

Paso por valor

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Se calculan los valores v_i de los parámetros de entrada e_i en la llamada y se copian en los parámetros formales x_i

- en el cuerpo de la función se trabaja sobre una referencia a memoria diferente.

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}
...
int a = 10;
inc(a);
```

$a = 10$

- La variable a NO se modifica porque se trabaja con una copia en la función `inc`.

Paso de parámetros

Paso por referencia

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Se pasa **la referencia** a memoria, por lo que el cuerpo de la función trabaja sobre el mismo objeto en memoria

- Para los parámetros de entrada e_i que **no** sean una variable, funciona como el paso por valor
- Cuando e_i es una variable (e.g., y_i), las asignaciones realizadas sobre el parámetro formal x_i alteran también el valor asociado a y_i

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}

...
int a = 10;
inc(a);
```

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paso de parámetros

Paso por referencia

Se pasa **la referencia** a memoria, por lo que el cuerpo de la función trabaja sobre el mismo objeto en memoria

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}

...
int a = 10;
inc(a);
```

a = 10

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paso de parámetros

Paso por referencia

Se pasa **la referencia** a memoria, por lo que el cuerpo de la función trabaja sobre el mismo objeto en memoria

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}
```

...

```
int a = 10;
```

```
inc(a);
```

```
a = 10
```

En la llamada:

El parámetro formal v recibe la dirección de memoria de a

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paso de parámetros

Paso por referencia

Se pasa **la referencia** a memoria, por lo que el cuerpo de la función trabaja sobre el mismo objeto en memoria

```
void inc(int v)
```

```
{
```

v = 10

```
    v = v + v;
```

```
}
```

```
...
```

```
int a = 10;
```

```
inc(a);
```

a = 10

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujo**Paso de
parámetros**Alcance de las
variablesGestión de
memoriaParadigmas
de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros
paradigmasBasado en
interacción

Bibliografía

Paso de parámetros

Paso por referencia

Se pasa **la referencia** a memoria, por lo que el cuerpo de la función trabaja sobre el mismo objeto en memoria

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}

...
int a = 10;
inc(a);
```

v = 20

a = 20

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paso de parámetros

Paso por referencia

Se pasa **la referencia** a memoria, por lo que el cuerpo de la función trabaja sobre el mismo objeto en memoria

```
void inc(int v)
{
    v = v + v;
}

...
int a = 10;
inc(a);
```

a = 20

- La variable *a* **SÍ** se modifica porque se trabaja sobre la misma dirección de memoria.

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paso de parámetros

Paso por necesidad

- Cuando se pasan expresiones, **no se evalúan** hasta que se usan en el cuerpo de la función
- Mecanismo usado en algunos lenguajes funcionales

Ejemplo

Dada la siguiente función que devuelve el segundo argumento multiplicado por dos

```
sel2nd x y = 2*y
```

si la invocamos con la expresión `sel2nd (2*3) 5`, con paso por necesidad, no se calcularía el valor de la expresión `2*3` al no utilizarse en el cuerpo de la función.

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paso de parámetros

Algunas consideraciones

- En paso por valor, si se pasa una expresión, ésta se evalúa para copiar el valor resultante (a diferencia del paso por necesidad)
- En paso por referencia, si se pasa una expresión también se evalúa y se pasa el valor resultante.

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Alcance (ámbito) de las variables (1/2)

- Una variable es un *nombre* que se utiliza para acceder a una posición de memoria
- No todos los nombres (de variables, funciones, constantes, etc.) están accesibles durante toda la ejecución, aunque existan en el programa
- El ámbito o alcance de un nombre es la porción del código donde ese nombre es visible (su valor asociado puede ser consultado/modificado).

Alcance (ámbito) de las variables (2/2)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- El momento en el que se hace el enlace (la asociación) es lo que se llama tiempo de enlazado.
 - Con **alcance estático**, se define en *tiempo de compilación*
 - Con **alcance dinámico**, se define en *tiempo de ejecución*
- Todos los lenguajes de programación modernos usan el alcance estático.
- Cada lenguaje de programación establece una forma de determinar el alcance de los elementos.
 - En Java por ejemplo se usan los atributos `private`, `public`, `protected` y el sistema de jerarquía de paquetes y clases.

Alcance de las variables

Ejemplo de cálculo del ámbito de las variables (1/2)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo
OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

```

1 program ambitos;
2 type
3   TArray : array [1..3]
4             of integer;
5 var
6   a: TArray;
7 procedure uno;
8 procedure dos;
9   a : TArray;
10 begin { * dos * }
11   a[1] := 1;
12   a[2] := 2;
13   a[3] := 3;
14   cambia(1, 2);
15   writeln(a[1], ' ', a[2], ' ', a[3]);
16 end { * dos * };

```

```

17 procedure cambia(i, j: integer)
18   var aux : integer;
19 begin { * cambia * }
20   aux := a[i];
21   a[i] := a[j];
22   a[j] := aux;
23 end { * cambia * };
24 begin { * uno * }
25   a[1] := 0;
26   a[2] := 0;
27   a[3] := 0;
28   dos;
29 end { * uno * };
30 begin { * ambitos * }
31   uno;
32 end { * ambitos * }

```

Alcance de las variables

Ejemplo de cálculo del ámbito de las variables (1/2)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo
OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

```

1 program ambitos;
2 type
3   TArray : array [1..3]
4             of integer;
5 var
6   a: TArray;
7 procedure uno;
8 procedure dos;
9   a : TArray;
10 begin { * dos * }
11   a[1] := 1;
12   a[2] := 2;
13   a[3] := 3;
14   cambia(1, 2);
15   writeln(a[1], ' ', a[2], ' ',
16             a[3]);
16 end { * dos * };

```

```

17 procedure cambia(i, j:integer)
18   var aux : integer;
19 begin { * cambia * }
20   aux := a[i];
21   a[i] := a[j];
22   a[j] := aux;
23 end { * cambia * };
24 begin { * uno * }
25   a[1] := 0;
26   a[2] := 0;
27   a[3] := 0;
28 dos;
29 end { * uno * };
30 begin { * ambitos * }
31   uno;
32 end { * ambitos * }

```

¿Cuáles son los valores que almacena el array `a` al final de la ejecución? ¿Qué se imprime por pantalla en la sentencia `writeln` del código?

Alcance de las variables

Ejemplo de cálculo del ámbito de las variables (2/2)

Considerando alcance estático...

¿Cuáles son los valores que almacena el array `a` al final de la ejecución?
¿Qué se imprime por pantalla en la sentencia `writeln` del código?

En **tiempo de compilación** el enlace es:

- En el cuerpo de la función `uno` (líneas 25 a 27), la variable `a` está enlazada con la variable global de la línea 6 (`uno` no tiene declaración de variables locales).
- En el cuerpo de la función `dos` (líneas 11 a 15), la variable `a` está enlazada con la variable local `a` definida en la línea 9, ya que las variables locales con el mismo nombre que las globales ocultan a estas últimas.
- En el cuerpo de la función `cambia` (líneas 20 a 22), la variable `a` está enlazada con la variable global de la línea 6 (el procedimiento `cambia` está definido en el ámbito de `uno`, igual que `dos`).

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Alcance de las variables

Ejemplo de cálculo del ámbito de las variables (2/2)

Considerando alcance estático. . .

¿Cuáles son los valores que almacena el array `a` al final de la ejecución?
 ¿Qué se imprime por pantalla en la sentencia `writeln` del código?

Por lo tanto:

- En el cuerpo principal del programa (línea 31) se hace una llamada al procedimiento `uno` .
- Los valores del array global se inicializan a los valores 0, 0 y 0 (líneas 25 a 27)
- Se llama a `dos`, que inicializa un array local con valores 1, 2 y 3 lo que no modifica el array global (líneas 11 a 13)
- La llamada a `cambia` cambia los valores del array global, quedando 0, 0 y 0, lo que no modifica el array local de `dos`.
- **Se imprime por pantalla los valores del array local (1, 2 y 3)**

Gestión de Memoria

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Se refiere a los distintos métodos y operaciones que se encargan de obtener la **máxima utilidad de la memoria**, organizando los procesos y programas que se ejecutan en el sistema operativo de manera tal que se optimice el espacio disponible.

Influye en las decisiones de diseño de un lenguaje

A veces los lenguajes contienen características o restricciones que solo pueden explicarse por el deseo de los diseñadores de usar una técnica u otra de gestión de memoria

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Gestión de Memoria

Necesidad de gestionar la memoria

Elementos con requerimientos de almacenamiento durante la ejecución de los programas:

- Código del **programa traducido**
- **Información temporal** durante la evaluación de expresiones y en el paso de parámetros (e.g., en las llamadas a funciones los valores actuales que evaluarse y almacenarse hasta completar la lista de parámetros)
- **Llamadas** a subprogramas y operaciones de **retorno**
- **Buffers** para las operaciones de entrada y salida
- Operaciones de **inserción y destrucción de estructuras de datos** en la ejecución del programa (e.g., `new` en Java or `dispose` en Pascal)
- Operaciones de **inserción y borrado de componentes** en estructuras de datos (e.g., la función *push* de Perl para añadir un elemento a un array)

Gestión de Memoria

Tipos de gestión de memoria

Tipos de asignación del almacenamiento

Estático

Se calcula y asigna en tiempo de compilación

- Eficiente pero incompatible con recursión o estructuras de datos dinámicas

Dinámico

Se calcula y asigna en tiempo de ejecución

- en pila
- en un *heap*

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Gestión de Memoria

Almacenamiento estático

Almacenamiento calculado en tiempo de compilación que permanece fijo durante la ejecución del programa.

Se suele usar con:

- **variables globales**
- **programa compilado** (instrucciones en lenguaje máquina)
- **variables locales** a un subprograma cuyo **valor no cambia** en las diferentes llamadas
- **constantes** numéricas y cadenas de caracteres
- **tablas** producidas por los compiladores y usadas para operaciones de ayuda en tiempo de ejecución (e.g., comprobación dinámica de tipos, depuración, ...).

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Gestión de Memoria

Almacenamiento estático

Almacenamiento calculado en tiempo de compilación que permanece fijo durante la ejecución del programa.

Se suele usar con:

- **variables globales**
- **programa compilado** (instrucciones en lenguaje máquina)
- **variables locales** a un subprograma cuyo **valor no cambia** en las diferentes llamadas
- **constantes** numéricas y cadenas de caracteres
- **tablas** producidas por los compiladores y usadas para operaciones de ayuda en tiempo de ejecución (e.g., comprobación dinámica de tipos, depuración, ...).

Es eficiente pero incompatible con recursión y con estructuras de datos cuyo tamaño depende de datos de entrada o datos computados durante la ejecución del programa

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria**Paradigmas de programación**

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Gestión de Memoria

Almacenamiento dinámico: en pila

Es la técnica más simple **para manejar los registros de activación en las llamadas a funciones/procedimientos** durante la ejecución del programa (basta un puntero a la cima de la pila)

Almacenamiento en pila

- al inicio de la ejecución se asigna un bloque secuencial en memoria como espacio de almacenamiento libre,
- cuando se requiere espacio de almacenamiento (hay una llamada), éste se toma del bloque comenzando desde el final del último espacio asignado (**secuencialmente**)
- una vez terminada la llamada, el espacio **se libera en orden inverso** al que fue asignado, por lo que el espacio libre siempre está en la cima de la pila

Gestión de Memoria

Almacenamiento dinámico: en *heap*

Un **heap** es una región de almacenamiento en la que los bloques de memoria se asignan y liberan en *momentos arbitrarios*

- El almacenamiento en *heap* es necesario cuando el lenguaje permite estructuras de datos (e.g., conjuntos o listas) cuyo tamaño puede cambiar en tiempo de ejecución.
- Los subbloques asignados pueden ser del **mismo tamaño siempre o de tamaño variable**
- La desasignación puede ser
 - explícita (ej. C, C++, Pascal)
 - implícita (cuando el elemento asignado ya no es alcanzable por ninguna variable del programa)

Gestión de Memoria

Almacenamiento dinámico: en *heap*

Un **heap** es una región de almacenamiento en la que los bloques de memoria se asignan y liberan en *momentos arbitrarios*

- El almacenamiento en *heap* es necesario cuando el lenguaje permite estructuras de datos (e.g., conjuntos o listas) cuyo tamaño puede cambiar en tiempo de ejecución.
- Los subbloques asignados pueden ser del **mismo tamaño siempre o de tamaño variable**
- La desasignación puede ser
 - explícita (ej. C, C++, Pascal)
 - implícita (cuando el elemento asignado ya no es alcanzable por ninguna variable del programa)
- **Garbage collector**: mecanismo del lenguaje que identifica los elementos inalcanzables y desasigna la memoria que ocupan, la cual pasa a estar libre

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujo

Paso de
parámetros

Alcance de las
variables

Gestión de
memoria

Paradigmas
de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros
paradigmas

Basado en
interacción

Bibliografía

Tema 1. Introducción (Parte II)

Lenguajes, Tecnologías y Paradigmas de Programación (LTP)

DSIC, ETSInf



Paradigmas de Programación

Factores de éxito de un LP

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- **Potencia expresiva**: para generar código claro, conciso y fácil de mantener
- **Fácil** de aprender
- **Portable** y con garantías para la seguridad
- Soportado por **múltiples plataformas** y herramientas de desarrollo
- Respaldo **económico**
- Fácil **migración** de aplicaciones escritas en otros lenguajes (C++ → Java)
- Múltiples **bibliotecas** para gran variedad de aplicaciones
- Disponibilidad de descarga de **código abierto** escrito en el lenguaje

Paradigmas de programación

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Definición de paradigma de programación

Modelo básico de diseño y desarrollo de programas que proporciona un conjunto de métodos y técnicas para producir programas con unas directrices específicas (estilo y forma de plantear la solución al problema)

Principales paradigmas:

- Imperativo
- Declarativo
 - funcional
 - lógico
- Orientado a objetos
- Concurrente

Existen también los llamados paradigmas *emergentes*

Paradigma imperativo

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Describe la programación como una secuencia de instrucciones o comandos que cambian el estado del programa.

- Establece el **cómo** proceder → **algoritmo**
- El concepto básico es el **estado de la máquina**, el cual se define por los valores de las variables involucradas y que se almacenan en la memoria
- Las instrucciones suelen ser secuenciales y el programa consiste en **construir la secuencia de estados** de la máquina que conduce a la solución
- Este modelo está muy vinculado a la arquitectura de la máquina convencional (*Von Neumann*)
- Programa estructurado en bloques y módulos
- Eficiente, difícil de modificar y verificar, con **efectos laterales**

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma imperativo

Ejemplo en Pascal

Función `length` en Pascal:

```
function length (l : list): integer
var
    b : boolean;
    aux : list;
begin
    b := is_empty(l);
    case b of
        true : length := 0;
        false : begin
                    aux := tail(l);
                    length := 1+length(aux);
                end;
    end;
end;
```

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma imperativo

Características: Efectos laterales

Puede ocurrir que dos llamadas a función con los mismos argumentos den resultados diferentes

```

program proof;
var
    flag : boolean;
function f (x : integer) : integer;
begin
    flag := not flag;
    if flag then f := x else f := x+1;
end;
begin
    flag := false;
    write(f(1));
    write(f(1));
end

```

variable global

f cambia el valor de la variable global

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma imperativo

Características: Efectos laterales

Puede ocurrir que dos llamadas a función con los mismos argumentos den resultados diferentes

```
program proof;  
var  
    flag : boolean;  
function f (x : integer) : integer;  
begin  
    flag := not flag;  
    if flag then f := x else f := x+1;  
end;  
begin  
    flag := false;  
    write(f(1));  
    write(f(1));  
end
```

Salida del programa:

```
> proof  
1  
2
```

Programación imperativa

Características

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- Pone el énfasis en el **cómo** resolver un problema
- Las sentencias de los programas se ejecutan en el orden en que están escritas y dicho **orden de ejecución** es crucial
- **Asignación destructiva** (el valor asignado a una variable destruye el valor anterior de dicha variable) → efectos laterales que oscurecen el código
- El **control** es responsabilidad del programador
- Más **complejo** de lo que parece (así lo demuestra la complejidad de sus definiciones semánticas o la dificultad de las técnicas asociadas, e.g., de verificación formal)
- **Difícil de paralelizar**
- Los programadores están mejor dispuestos a sacrificar las características avanzadas a cambio de poder obtener mayor velocidad de ejecución

Paradigma declarativo

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Describe las propiedades de la solución buscada, dejando indeterminado el algoritmo (conjunto de instrucciones) usado para encontrar esa solución

- Responde a la idea propuesta por Kowalski

PROGRAMA = LÓGICA + CONTROL

- Lógica: se relaciona con el establecimiento del **Qué**
- Control: se relaciona con el establecimiento del **Cómo**
- El programador se centra en **aspectos lógicos de la solución** y deja los aspectos de control al sistema
- Fácil de verificar y modificar, conciso y claro

Paradigma declarativo

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

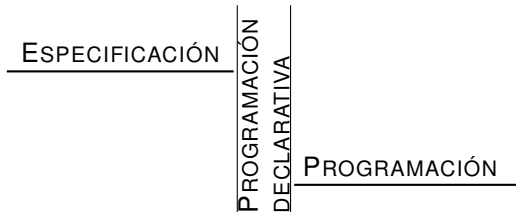
Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Un programa declarativo puede entenderse como una **especificación ejecutable**.

Leng. declarativo = Lenguaje de **ESPECIFICACIÓN** (ejecutable)
Lenguaje de **PROGRAMACIÓN** (alto nivel)



Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma declarativo

Especificación vs programación

Especificación: Definición de función matemática

$$\text{fib}(0) = 1$$
$$\text{fib}(1) = 1$$
$$\text{fib}(n) = \text{fib}(n-1) + \text{fib}(n-2)$$

Paradigma declarativo

Especificación vs programación

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo
OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Especificación: Definición de función matemática

$$\text{fib}(0) = 1$$

$$\text{fib}(1) = 1$$

$$\text{fib}(n) = \text{fib}(n-1) + \text{fib}(n-2)$$

Programa (dos versiones):

Directamente la especificación:

$$\text{fib}(0) = 1$$

$$\text{fib}(1) = 1$$

$$\text{fib}(n) = \text{fib}(n-1) + \text{fib}(n-2)$$

Variante optimizada con acumulador

$$\text{fib}(0) = 1$$

$$\text{fib}(1) = 1$$

$$\text{fib}(n) = \text{fib_aux}(1, 1, n)$$

$$\text{fib_aux}(x, y, 0) = x$$

$$\text{fib_aux}(x, y, n) = \text{fib_aux}(y, x+y, n-1)$$

Paradigma declarativo

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- **Paradigma funcional** (basado en el λ -cálculo)
 - definición de estructuras de datos y funciones que manipulan las estructuras mediante ecuaciones
 - **polimorfismo**
 - orden superior
- **Paradigma lógico** (basado en la lógica de primer orden)
 - definición de relaciones mediante reglas:

Si $C1$ y $C2$ y ... Cn , entonces A
 escrito $A \leftarrow C1, C2, \dots Cn$

- variables lógicas
- indeterminismo

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo
OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma declarativo

Ejemplo en Haskell y Prolog

La función `length` de una lista:

En Haskell

```
data list a = [] | a:list a
```

```
length [] = 0
```

```
length (x:xs) = (length xs) + 1
```

En Prolog

```
length([],0).
```

```
length([X|Xs],N) :- length(Xs,M), N is M + 1.
```

Programación declarativa

Características

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- Expresa **qué** es la solución a un problema
- El **orden** de las sentencias y expresiones **no tiene por qué afectar a la semántica** del programa
- Una **expresión denota un valor** independiente del contexto (**transparencia referencial**)
- Nivel más alto de programación
 - semántica más sencilla
 - control automático
 - más fácil de paralelizar
 - mejor mantenimiento
 - mayor potencia expresiva
 - menor tamaño del código
 - mayor productividad
- Eficiencia comparable a la de lenguajes como Java.
- La curva de aprendizaje es más lenta cuando se aprendió a programar en un paradigma más convencional
- Las *impurezas* de sistemas reales son difíciles de modelar de manera declarativa

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma declarativo vs Paradigma imperativo

PROGRAMA

INSTRUCCIONES

MODELO DE COMPUTACIÓN

VARIABLES

Transcripción de un **algoritmo**

Órdenes a la **máquina**

Máquina de **estados**

Referencias a **memoria**

LÓGICA

como lenguaje de programación

PROGRAMA

Especificación de un problema

INSTRUCCIONES

Fórmulas lógicas

MODELO DE COMPUTACIÓN

Máquina de inferências

VARIABLES

Variables lógicas

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma imperativo vs Paradigma declarativo

Un ejemplo

¿Qué hace este programa imperativo?

```
void f(int a[], int lo, hi){
    int h, l, p, t;

    if (lo<hi) {
        l = lo;
        h = hi;
        p = a[hi];
        do {
            while ((l<h) &&
                (a[l] <= p))
                l = l+1;
            while ((h>l) &&
                (a[h] >= p))
                h = h-1;
            if (l<h) {
                t = a[l];
                a[l] = a[h];
                a[h] = t;
            }
            a[hi] = a[l];
            a[l] = p;
            f(a, lo, l-1);
            f(a, l+1, hi);
        }
    }
}
```


Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujoPaso de
parámetrosAlcance de las
variablesGestión de
memoriaParadigmas
de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros
paradigmasBasado en
interacción

Bibliografía

Paradigma imperativo vs
Paradigma declarativo
Un ejemplo

¿Qué hace este programa declarativo?

```
f :: Ord a => [a] -> [a]

f [] = []
f (p:xs) = (f lesser) ++ [p] ++ (f greater)
  where
    lesser = filter (< p) xs
    greater = filter (>= p) xs
```

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma imperativo vs Paradigma declarativo

Un ejemplo

¿Qué hace este programa declarativo?

```
f :: Ord a => [a] -> [a]

f [] = []
f (p:xs) = (f lesser) ++ [p] ++ (f greater)
  where
    lesser = filter (< p) xs
    greater = filter (>= p) xs
```

- Sin asignación de variables
- Sin índices de vector
- Sin gestión de memoria

Paradigma orientado a objetos

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

oo

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Basado en la idea de encapsular en objetos estado y operaciones

- Objeto: estado + operaciones
- Concepto de *clase*, *instancia*, *subclases* y **herencia**
- Elementos fundamentales:
 - abstracción
 - encapsulamiento
 - modularidad
 - jerarquía

Paradigma orientado a objetos

Ejemplo en Java

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

La clase *Circle* es una **abstracción** de la noción de *círculo*:

```
public class Circle {           // class name
    double radius;              // variables (state)
    String color;

    double getRadius() {...}    // methods (operations)
    double getArea() {...}
}
```

A partir de una clase se definen **instancias** que representan los objetos concretos (círculos con un radio y color específicos)

```
Circle c1, c2;
c1 = new Circle(2.0, "blue");
c2 = new Circle(3.0, "red");

Circle c3 = new Circle(1.5, "red");
```

Paradigma concurrente

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- Los lenguajes de programación concurrentes utilizan para programar la **ejecución simultánea de múltiples tareas**
- Las tareas pueden consistir en un **conjunto de procesos** creados por un único programa

Acceso concurrente en bases de datos, uso de recursos de un sistema operativo, etc.

- El inicio de la programación concurrente está en la invención de la **interrupción** a finales de los 50.
 - Interrupción: mecanismo hardware que interrumpe el programa en ejecución y hace que la unidad de proceso bifurque el control a una dirección dada, donde reside otro programa que tratará el evento asociado a la interrupción

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma concurrente

Problemas asociados a la concurrencia

- **Corrupción de los datos** compartidos

Cuando dos procesos escriben concurrentemente en la pantalla puede producirse una mezcla incomprensible

- **Interbloqueos** entre procesos que comparten recursos

A necesita dos recursos compartidos (R1 y R2). Trata de obtener los recursos en exclusiva (para evitar corrupción de datos) solicitando R1 y luego R2. Mientras, B solicita R2 y luego R1. Cada uno obtiene un recurso, pero ninguno puede obtener el segundo

- **Inanición** de un proceso que no consigue un recurso dado.

Normalmente el SO organiza una cola de procesos para los recursos compartidos en función de la prioridad de dichos procesos. Dos procesos con alta prioridad podrían estar acaparando el recurso.

- **Indeterminismo** en el orden en el que se entrelazan las acciones de los distintos procesos.

Dificulta la depuración ya que los errores pueden depender de dicho orden

Paradigma concurrente

Conceptos propios: Primeras abstracciones (1/2)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- La manera primitiva de definir un lenguaje concurrente consistió en añadir a un lenguaje secuencial (Simula) primitivas del SO para la creación de procesos (corutinas)
 - Problema: bajo nivel y falta de portabilidad
- Dijkstra introdujo (1965-71) las primeras abstracciones.
 - **Programa concurrente:** conjunto de procesos secuenciales asíncronos que no hacen suposiciones sobre las velocidades relativas con las que progresan otros procesos
 - Introduce los **semáforos** como mecanismo de sincronización

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma concurrente

Conceptos propios: Primeras abstracciones (2/2)

- Hoare introduce la noción de **región crítica** para evitar interbloqueos
 - gestionar las regiones críticas era ineficiente y poco modular
- En 1974 se introduce el concepto de **monitor** (inspirado en los TAD) para encapsular los recursos compartidos.
 - El primer lenguaje concurrente de alto nivel con monitores fue Pascal concurrente (1975), después incorporado a Modula-2.
- Surgen modelos, independientes de la arquitectura, que permiten el análisis de los programas concurrentes (CSP, CCS, π -cálculo, redes de petri, PVM)
 - estos modelos influyen en distintos lenguajes, por ejemplo CSP influyó en los canales de Occam y las llamadas remotas de ADA

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma concurrente

Ejemplo en Java de definición de hilos (1/2)

En Java existen dos formas de crear hilos:

- usando herencia (`extends`)
- usando interfaces (`implements`)

Usando herencia

Se define la clase `MyThread` heredando de la clase `Java Thread`

```
class MyThread extends Thread {  
    public void run () {  
        // cuerpo de la tarea a ejecutar  
        // por el thread  
    }  
}
```

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujoPaso de
parámetrosAlcance de las
variablesGestión de
memoriaParadigmas
de programación

Imperativo

Declarativo
OO

Concurrente

Otros
paradigmasBasado en
interacción

Bibliografía

Paradigma concurrente

Ejemplo en Java de uso de hilos (2/2)

Se crea y usa una instancia de la clase `MyThread`

```
MyThread t1 = new MyThread();  
t1.setPriority(5)  
t1.start();  
System.out.println("Puedo seguir con mis cosas");  
// ...
```

- El método `start` inicia la ejecución del hilo (e invocará al método `run`)
- La asignación de prioridad es opcional (entero entre 1 y 10, siendo 10 la mayor prioridad)
- El mensaje se mostrará por la salida independientemente de la ejecución del hilo arrancado

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujoPaso de
parámetrosAlcance de las
variablesGestión de
memoriaParadigmas
de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros
paradigmasBasado en
interacción

Bibliografía

Paradigma concurrente

Algunas consideraciones de la concurrencia en
Java

- Java soporta la programación concurrente de forma **nativa** (no mediante bibliotecas) gracias a la clase `Thread`
- Un **hilo** (*thread*) es un concepto similar al de proceso. La diferencia es que los hilos siempre dependen de un *programa padre* en cuanto a recursos para su ejecución.
 - Un proceso puede mantener su propio espacio de direcciones y entorno de ejecución
- El programador tiene funciones para (por ejemplo) crear, arrancar, abortar, priorizar, suspender o reanudar hilos
- La máquina virtual de java se encarga de organizar los hilos, pero es responsabilidad del programador evitar los problemas indeseados de la concurrencia (inanición, etc.)
- La comunicación es mediante **memoria compartida**. Como ayuda, cada objeto tiene implícitamente un bloqueo para cuando está siendo utilizado por un hilo.

Programación paralela

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Objetivo:

Aceleración de algoritmos que consumen muchas horas de proceso dividiendo el tiempo de ejecución mediante el uso de varios procesadores, **distribución de los datos** y **reparto de la carga**.

- Con la aparición de los primeros microprocesadores (1975), los procesos pasaron a ejecutarse concurrentemente **en distintos procesadores**, por lo que dejaba de valer el principio de disponer de una memoria común.
 - surgen nuevas construcciones para la comunicación entre procesos, como el **paso de mensaje entre procesadores** *rendez-vous*.
- Primeros lenguajes paralelos: los secuenciales Fortran o C extendidos con bibliotecas de paso de mensajes dependientes del fabricante.

Programación paralela vs Programación concurrente

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

| | PARALELA | CONCURRENTE |
|--------------|---|---|
| OBJETIVO | Eficiencia: reparto de carga | Varios procesos interactúan simultáneamente |
| PROCESADORES | solo se concibe con varios | es compatible con uno |
| COMUNICACIÓN | paso de mensajes y/o memoria compartida | |

Paradigma basado en interacción

- El paradigma tradicional sigue la idea de *programación como cálculo en el modelo de Von Neumann*
 - un programa describe la secuencia de pasos necesarios para producir la salida a partir de una entrada
- En algunas áreas este modelo no se adapta bien: robótica, AI, aplicaciones orientadas a servicios, ...

Tiene más sentido la

Programación como interacción: las entradas se monitorizan y las salidas son acciones que se llevan a cabo dinámicamente (no hay un *resultado final*)

Paradigma basado en interacción

Programa interactivo

Es una comunidad de entidades (agentes, bases de datos, servicios de red, etc.) que interactúan siguiendo ciertas **reglas de interacción**

- Las reglas de interacción pueden estar restringidas por interfaces, protocolos y ciertas garantías del servicio (tiempo de respuesta, confidencialidad de datos, etc.)
- Instancias del modelo de programación interactiva:
 - **Programación conducida por eventos**
 - **Arquitectura cliente/servidor**
 - **Sistemas reactivos**
 - **Software basado en agentes**
 - **Sistemas empotrados**
- Usado en aplicaciones distribuidas, diseño de GUI, programación web, diseño incremental de programas (se refinan partes de un programa mientras está en ejecución)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma basado en interacción

Programación por eventos

- El flujo del programa está determinado por eventos

Eventos: señales de sensores o, más comúnmente, acciones de usuario en la interfaz, mensajes desde otros programas o procesos, ...

- La arquitectura típica de una aplicación dirigida por/basada en eventos (*event-driven/event-based*) consiste en un bucle principal dividido en dos secciones independientes:
 - 1 detección o selección de eventos (*event-detection*)
 - 2 manejo de los eventos (*event-handling*)
- En el caso de *software* empotrado, la primera sección reside en el *hardware* y se gestiona mediante interrupciones

Paradigma basado en interacción

Programación por eventos

La programación por eventos es una caracterización ortogonal a otros paradigmas:

- Se puede usar cualquier lenguaje de alto nivel para escribir programas siguiendo el estilo *event-driven*.
- Puede o no ser orientada a objetos
- No implica programación concurrente
- Requisitos:
 - poder detectar señales, interrupciones al procesador o eventos de la GUI
 - poder gestionar una cola de eventos para responder a los mismos

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

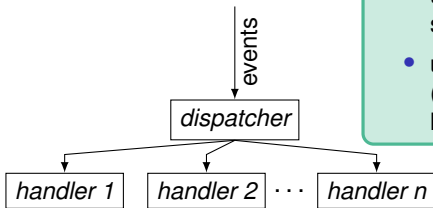
Bibliografía

Paradigma basado en interacción

Programación por eventos

- Los *patrones de diseño* (en particular el patrón *event-handler*) suelen ser una ayuda que simplifica la tarea de programar este tipo de aplicaciones.

El patrón *event-handler*



- un *dispatcher* que gestiona la secuencia de eventos
- un conjunto de manejadores (*handlers*) que implementan las acciones de respuesta

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Paradigma basado en interacción

Programación por eventos. Un ejemplo de *dispatcher*

```
do forever: // the event loop
  get an event from the input stream

  if event.type == EndOfEventStream
    quit // break out of event loop

  if event.type == ...:
    call the appropriate handler, passing it
    event information as an argument

  elseif event.type == ...:
    call the appropriate handler, passing it
    event information as an argument

  else: // unrecognized event type
    ignore the event, or raise an exception
```

bucle principal (pointa to the `do forever` loop)

salida del bucle (pointa to the `quit` statement)

selección de handler (pointa to the `if` and `elseif` blocks)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujoPaso de
parámetrosAlcance de las
variablesGestión de
memoriaParadigmas
de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros
paradigmasBasado en
interacción

Bibliografía

Paradigma basado en interacción

Consideraciones finales

La programación basada en eventos se usa masivamente en la programación de GUIs, principalmente debido a que la mayoría de herramientas de desarrollo comerciales disponen de **asistentes** para la definición asistida de este esquema

- Ventaja:
 - Simplifica la tarea del programador al proporcionar una implementación por defecto para el bucle principal y la gestión de la cola de eventos
- Desventajas:
 - promueve un modelo de interacción excesivamente simple
 - es difícil de extender
 - es propenso a errores ya que dificulta la gestión de recursos compartidos

Otros paradigmas emergentes

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

- **BIO-COMPUTACIÓN:** Existen modelos de computación inspirados en la **biología**
 - utilizan conceptos y técnicas que se emplean en sistemas de la naturaleza como base para desarrollar nuevas técnicas de programación
- **COMPUTACIÓN CUÁNTICA:** reemplaza los circuitos clásicos por otros que utilizan puertas cuánticas (en vez de puertas lógicas)

¿A qué paradigma pertenecen los lenguajes?

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

La mayoría son multi-paradigma:

- **CoffeeScript** (2009): Es un lenguaje orientado a objetos, basado en prototipos, funcional e imperativo. CoffeeScript se compila a JavaScript.
- **Scala** (2003): Orientado a objetos, imperativo y funcional (usado por Twitter junto con Ruby).
- **Erlang** (1986): funcional y concurrente (usado por HP, Amazon, Ericsson, Facebook, ...)
- **Python** (1989): funcional (listas intensionales, abstracción lambda, fold, map) y orientado a objetos (herencia múltiple)

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas
de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y
control de flujoPaso de
parámetrosAlcance de las
variablesGestión de
memoriaParadigmas
de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros
paradigmasBasado en
interacción

Bibliografía

- Cortazar, Francisco. *Lenguajes de programación y procesadores*. Editorial Cera, 2012.
- Peña, Ricardo. *De Euclides a Java: historia de algoritmos y lenguajes de programación*, Editorial Nivola, 2006.
- Pratt, T.W.; Zelkowitz, M.V. *Programming Languages: design and implementation*, Prentice-Hall, 2001 (versión de 1998 en castellano)
- Scott, M.L. *Programming Language Pragmatics*, Morgan Kaufmann Publishers, 2008 (versión revisada).
- Schildt, Herbert. *Java. The Complete Reference*. Eight Edition. The McGraw-Hill eds. 2011

Motivación

Conceptos

Tipos y sistemas de tipos

Polimorfismo

Sobrecarga

Coerción

Genericidad

Inclusión

Reflexión

Procedimientos y control de flujo

Paso de parámetros

Alcance de las variables

Gestión de memoria

Paradigmas de programación

Imperativo

Declarativo

OO

Concurrente

Otros paradigmas

Basado en interacción

Bibliografía

Bibliografía

Aspectos de implementación

- “Programming Language Pragmatics”, M.L. Scott. (cap. 3)
- “Lenguajes de programación y procesadores”, Francisco Cortazar (cap. 1)
- “Programming Languages: design and implementation”, Pratt, T.W.; Zelkowitz, M.V. (cap. 9 y 10)