5. Representación de las Informaciones en Memoria

- Aspectos relacionados con los Lenguajes de Programación

5.1. Gestión de la Tabla de Símbolos (TDS)

- Estructura y operaciones con la TDS
- TDS para un LP con estructura de bloques

5.2. Gestión Estática de Memoria

- Introducción: noción de segmento
- Gestión estática de memoria en los segmentos

5.3. Gestión Dinámica de Memoria

- Introducción: necesidad de una gestión dinámica de memoria
- Gestión dinámica para los segmentos: basado en `pila`
- Introducción a la gestion de memoria para Lenguajes Orientados a Objetos
- Gestión dinámica para los objetos de talla desconocida: basado en `montículo`

- Declaraciones antes del uso

  Por ejemplo: JAVA, C++ y PASCAL (si); MODULA2 y PYTHON (no)

- Lenguajes con Estructura de Bloques (LEB)

  Un *bloque* es cualquier construcción que pueda contener declaraciones

  $\Rightarrow$ regla de anidación más próxima

- Ámbitos de las variables en LEB
- Recursividad de funciones
- Anidamiento de funciones

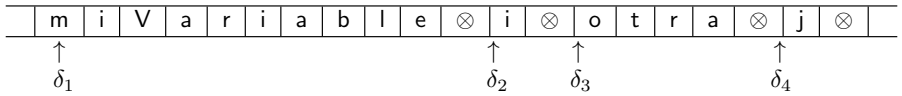
Lenguajes	LEB	Recursividad	Anidamiento
PASCAL	si	si	si
C	si	si	no
FORTRAN	no	no	no

La TDS permite relacionar los nombres (objetos) con sus atributos

TDS

Nombre	Atributos
δ_1	...
δ_2	...
δ_3	...
δ_4	...

Tabla de Nombres



- Estructura e implementación de una TDS
  - array de registros;
  - listas ordenadas (doblemente) enlazadas;
  - árboles ordenados equilibrados;
  - tablas de dispersión (*hash*).
- Operaciones sobre una TDS
  - insertar la información de un objeto (comprobando que no existe otro con el mismo nombre en ese ámbito)
  - obtener la información asociada con un determinado objeto (comprobando que el objeto exite en la TDS)

Tabla de Símbolos para LEB

TDS para un Lenguaje con Estructura de Bloques

- Estructura e implementación
  - **Compiladores en una pasada**: la TDS se implementa como una `pila`
    (la información de los objetos de un bloque ya no se necesitará más a la salida de ese bloque)
  - **Compiladores en más de una pasada**: la TDS se implementa como una `lista ligada`
    (la información de los objetos se necesita en las sucesivas pasadas)
- Operaciones adicionales
  - cargar la información asociada con un nuevo bloque
  - descargar la información de un determinado bloque

Ejemplo de LEB: C (1/4)

```
main()
{
.    int a = 0;
.    int b = 0;
.    {
.    .    int b = 1;
.    .    {
.    .    .  int a = 2;
.    .   B2  printf(``%d %d\n'', a, b);
.    .    .
B0   .    }
.   B1    {
.    .    .  int b = 3;
.    .   B3  printf(``%d %d\n'', a, b);
.    .    .
.    .    }
.    .    printf(``%d %d\n'', a, b);
.    }
.    printf(``%d %d\n'', a, b);
}
```


Ejemplo de LEB: PASCAL (2/4)

```
program PP;
var  a, b, c: ...
.   procedure H1 (x: ...);
.   var b: ...
.   .   procedure H1A (e: ...);
.   .   begin
.   .   | ...
.   .   | b := a + e;          <==== Punto-1
.   .   | ...
.   .   end;
.   begin
.   | ...
.   end;
.   procedure H2 (e: ...);
.   begin
.   | ...
.   | b := a + e;              <==== Punto-2
.   | ...
.   end;
begin
| ...
end.
```


Ejemplo de de LEB: C (3/4)

TDB

B0 → 0	0	1
B1 → 1	2	2
B2 → 2	3	3

TDS

0	a	t_a	δ_a	...
1	b	t_b	δ_b	...
2	b	t_b	δ_b	...
3	a	t_a	δ_a	...

El printf del B2 dará: $a = 2$ y $b = 1$

TDB

B0 → 0	0	1
B1 → 1	2	2
B3 → 2	3	3

TDS

0	a	t_a	δ_a	...
1	b	t_b	δ_b	...
2	b	t_b	δ_b	...
3	b	t_b	δ_b	...

El printf del B3 dará: $a = 0$ y $b = 3$

TDB

B0 → 0	0	1
B1 → 1	2	2

TDS

0	a	t_a	δ_a	...
1	b	t_b	δ_b	...
2	b	t_b	δ_b	...

El printf del B1 dará: $a = 0$ y $b = 1$

TDB

B0 → 0	0	1

TDS

0	a	t_a	δ_a	...
1	b	t_b	δ_b	...

El printf del B0 dará: $a = 0$ y $b = 0$

Ejemplo de de LEB: PASCAL (3/4)

Punto-1 →

TDB

PP → 0	0	3
H1 → 1	4	6
H1A → 2	7	7

TDS

0	a	t_a	δ_a	...
1	b	t_b	δ_b	...
2	c	t_c	δ_c	...
3	H1	t_{H1}	dir_{H1}	...
4	x	t_x	δ_x	...
5	b	t_b	δ_b	...
6	H1A	t_{H1A}	dir_{H1A}	...
7	e	t_e	δ_e	...

Punto-2 →

TDB

PP → 0	0	4
H2 → 1	5	5

TDS

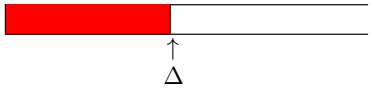
0	a	t_a	δ_a	...
1	b	t_b	δ_b	...
2	c	t_c	δ_c	...
3	H1	t_{H1}	dir_{H1}	...
4	H2	t_{H1}	dir_{H2}	...
5	e	t_e	δ_e	...

Gestión de memoria

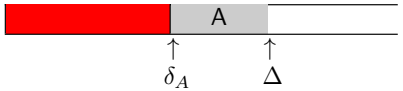
Gestión Estática de Memoria

(Talla de los objetos conocida en tiempo de compilación)

⇒ Asignación estática de memoria de los objetos en segmentos de memoria



A_{talla}



$\delta_A = \Delta$

$\Delta = \Delta + A_{talla}$

Gestión Dinámica de Memoria

⇒ Gestión de memoria para los segmentos

⇒ Gestion de memoria para los objetos de talla desconocida

Gestión estática de memoria

Objetos simples

P ⇒ LD	$n = 0$; $\Delta = 0$;
LD ⇒ LD D	
⇒ D	
D ⇒ DV ;	**insTdS**(DV.n, "variable-global", DV.t, n, Δ); Δ = Δ + DV.talla;
DV ⇒ T id	DV.n = id.n; DV.t = T.t; DV.talla = T.talla;
⇒ T * id	DV.n = id.n; DV.t = tpuntero(T.t); DV.talla = Talla-Entero;
T ⇒ char	T.t = tcarácter; T.talla = Talla-Carácter;
T ⇒ int	T.t = tentero; T.talla = Talla-Entero;
⇒ float	T.t = treal; T.talla = Talla-Real;
⇒ bool	T.t = tlógico; T.talla = Talla-Lógico;

Δ = primera posición libre en el *segmento de datos*. n = nivel del bloque actual.

Gestión estática de memoria

Objetos estructurados: *array*

DV ⇒ T id [cte]	SI ¬[cte.t = tentero ∧ cte.num > 0] MenError(.) SINO DV.n = id.n; DV.t = tarray(cte.num, T.t); DV.talla = cte.num * T.talla;

Objetos estructurados: *registro*

T ⇒ struct { LC }	T.t = tregistro(LC.t); T.talla = LC.talla;
LC ⇒ LC DV ;	LC.t = LC'.t ⊗ (DV.n, DV.t, LC'.talla); LC.talla = LC'.talla + DV.talla;
⇒ DV ;	LC.t = (DV.n, DV.t, 0); LC.talla = DV.talla;

Funciones y parámetros

(ver primero Registros de Activación)

Recursos en tiempo de ejecución

- La ejecución de un programa está inicialmente bajo el control del sistema operativo.
- Cuando se invoca un programa:
  1. El sistema operativo asigna espacio para el programa
  2. El código se carga en una parte de dicho espacio.
  3. El sistema operativo salta al punto de entrada (es decir, al `"main"`)

Ambientes de Ejecución

- Completamente estático [FORTRAN]
- Basado en una pila [C, C++, PASCAL, ADA, ...]
- Completamente dinámico [LISP, ...]

Estructura de la memoria de un proceso,

(en un ambiente de ejecución basado en una pila)

- `Seg.Código` contiene el código objeto.- Para la mayoría de los lenguajes, tamaño fijo y solo lectura.
- `Seg.Var.Estáticas` contiene los objetos con direcciones fijas (p.ej., variables globales)
- `Stack` contiene un Registro de Activación (RA) para cada una de las funciones activas. Cada RA suele tener una estructura fija y contener los segmentos de variables locales y temporales.
- `Heap` contiene todos los demás datos; por ejemplo en `C`, el `heap` se gestiona con `malloc` y `free`.

Memoria de un proceso

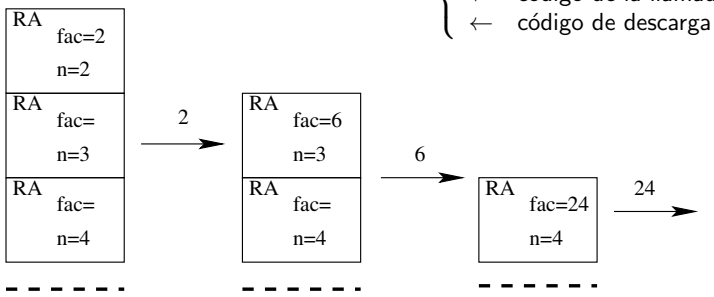

```
int fac (int n)
// Factorial de un número >0
{
  if ( n <3 ) return n;
  else return n*fac(n-1);
}
```

Código de la definición de "fac"

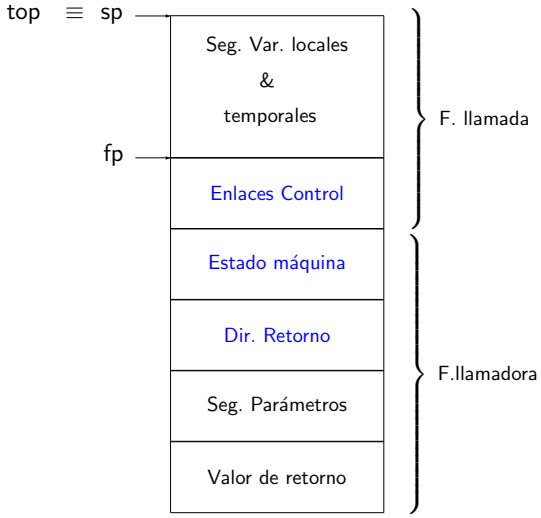
- ← código de carga del RA
- ← código de la función
- ← código de descarga del RA

Código de la llamada a "fac"

- ← código de carga del RA
- ← código de la llamada a la función
- ← código de descarga del RA



Registro de Activación



Funciones y parámetros

D	⇒ T id	n++; **cargaCont**(n); D.aux = Δ; Δ = 0;
	(PF)	**insTdS**(id.n, "función", `tfunción`(PF.t, T.t, PF.talla), n-1, ◁);
	{ DL LI }	**descargaCont**(n); n−−; Δ = D.aux;
DL	⇒ DL DV ;	**insTdS**(DV.n, "variable-local", DV.t, n, Δ);
		Δ = Δ + DV.talla;
	⇒ ϵ	
PF	⇒ ϵ	PF.t = tvacio; PF.talla = 0;
	⇒ LF	PF.t = LF.t; PF.talla = LF.talla − `TallaSegEnlaces`;
LF	⇒ DV , LF	LF.t = DV.t ⊗ LF'.t; LF.talla = LF'.talla + DV.talla;
		insTdS(DV.n, "parámetro", DV.t, n, -LF.talla);
	⇒ DV	LF.t = DV.t; LF.talla = `TallaSegEnlaces` + DV.talla;
		insTdS(DV.n, "parámetro", DV.t, n, -LF.talla);

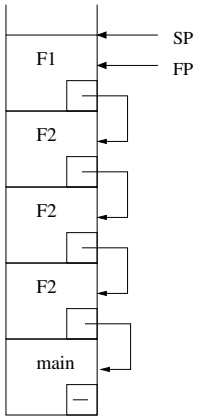
cargaCont(n) y **descargaCont**(n): Carga y descarga el contexto asociado con el bloque de nivel n.

ejemplo: LEB sin anidamiento

```
int F1 (...)
{
  ...
}

int F2 (...)
{
  ...
}

int main ()
{
 ...
}
```



PILA

Carga de los enlaces de control

- apila el fp anterior:

  $push(fp)$

- actualiza el fp:

  $fp \leftarrow sp$

Descarga de los enlaces de control

- actualiza el fp:

  $fp \leftarrow pop$

- Basado en fp
  - Acceso a variables locales x (δ_x): $fp + \delta_x$
  - Acceso a parámetros p (δ_p): $fp + \delta_p$
  - Acceso al valor de retorno (δ_{vr}): $fp + \delta_{vr}$

$$\delta_{vr} = -[\ SEC.talla + SP.talla + VR.talla\ ]$$

$SEC.talla =$ talla del *segmento de enlaces de control*, del *estado de la máquina* y de la *dirección de retorno*.
$SP.talla =$ talla del *segmento de parámetros*
$VR.talla =$ talla del *valor de retorno*.

- Bloque llamador:
  - [reserva espacio para el valor de retorno] $sp = sp + VR.talla$
  - [{ apila el parámetro actual }] { `push`(p_i) }
  - apila la dirección de retorno `push`(...)
  - apila el estado de la máquina { `push`(...); }
  - llamada `call`(dir_f)
- Bloque llamado:
  - carga de los enlaces de control `push`(fp); $fp = sp$
  - reserva de espacio para el segmento de variables locales y temporales $sp = sp + SV.talla$

$\{VR, SV\}.talla =$ talla del *valor de retorno* y del *segmento de variables*. $dir_f =$ dirección del segmento de código asociado al bloque llamado. $\Omega =$ primera instrucción libre en el *segmento de instrucciones*.

DESCARGA DEL REGISTRO DE ACTIVACIÓN

- Bloque llamado:
  - libera el segmento de variables locales y temporales $sp = fp$
  - descarga de los enlaces de control $fp = \text{pop}$
  - descarga el estado de la máquina $\{ \ldots = \text{pop}; \}$
  - desapila la dirección de retorno y devuelve el control `return(pop)`
- Bloque llamador:
  - [libera el segmento de parámetros] $sp = sp - SP.talla$
  - [desapila el valor de retorno] $\ldots = \text{pop}$

$SP.talla =$ talla del *segmento de parámetros*.

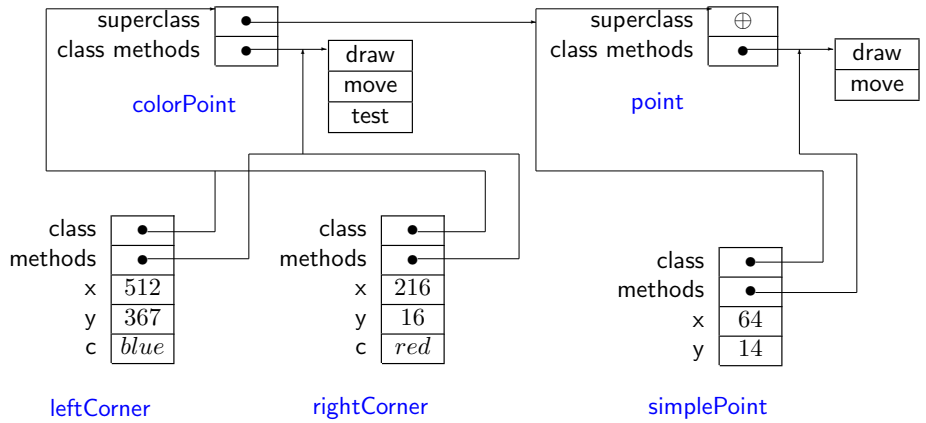
GESTIÓN DE MEMORIA PARA LENGUAJES ORIENTADOS A OBJETOS

- Visibilidad de los objetos (ej. del [Cooper & Torczon, 2012])

```
class point {
   public int x, y;
   public void draw ( ) {...};
   public void move ( ) {...};
}
class colorPoint extends point {   // hereda:   x, y, move
   color c;                        // campo local
   public void draw ( ) {...};     // oculta el  draw de  point
   public void test ( ) {...};     // método local
}
class A {
   int x, y;                       // campos locales
   public void m ( ) {             // método local
      int y;                       // variable local de  m
      point p = new colorPoint( ); // utiliza  colorPoint, y por
      y = p.x                      //   herencia,  point
      p.draw( );      }
}
```


GESTIÓN DE MEMORIA PARA LENGUAJES ORIENTADOS A OBJETOS

- Estructuras de datos en tiempo de ejecución: **Registro de Objeto**



GESTIÓN DINÁMICA DE MEMORIA: MONTÍCULO

- Operaciones de Gestión Dinámica de Memoria
  - *Peticiones y liberaciones implícitas*:

    `SNOBOL-4` y lenguajes lógicos y funcionales.
  - *Peticiones y liberaciones explícitas*:

    `C` (malloc, free); `PASCAL` (new, dispose); `C++` (new, delete), ...
  - *Peticiones explícitas y liberaciones implícitas*:

    `Java`; `C#` y lenguajes ".net".
- Criterios de diseño del gestor de memoria:
  - Optimizar el espacio,

    $\Rightarrow$ minimizando la fragmentación
  - Optimizar el tiempo de ejecución del programa

    $\Rightarrow$ minimizando el sobrecoste de la gestión de memoria

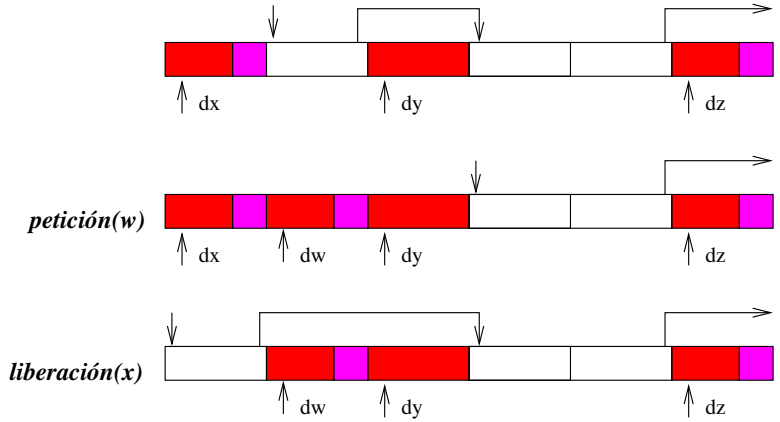
Gestión dinámica de memoria: montículo

- Gestión de bloques de talla fija:
  - \+ Poca o nula fragmentación
  - \+ Fácil implementación
  - – Uso poco adecuado de la memoria

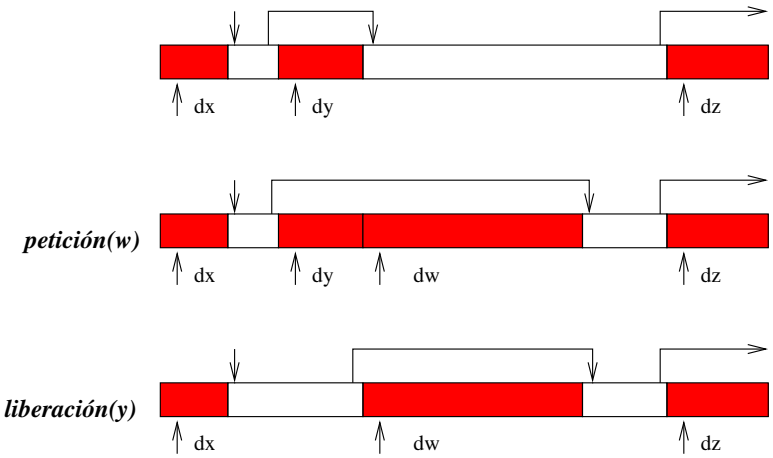
    Ejemplo: `Lisp`
- Gestión de bloques de talla variable:
  - – Posible fragmentación de la memoria
  - – Dificultad de implementación
  - \+ Uso adecuado de la memoria

    Ejemplo: `PASCAL`, `C`, `C++`, ...

Bloques de talla fija



Bloques de talla variable



Gestión dinámica de memoria: montículo

contador de accesos	indicador bloque libre	talla bloque	enlace bloque anterior	datos	enlace bloque suguiente	talla bloque	indicador bloque libre	contador de accesos

- Estrategias de petición/selección de bloques
  - primer bloque
  - mejor (peor) bloque ⇒ ordenación
- Estrategias de liberación de bloques
  - **explícita** → referencias suspendidas [`PASCAL`, `C`, `C++`]
  - **implícita** → "Garbage-Collection" [`Java`, `C#`, lógico-funcionales]

Gestión dinámica de memoria: montículo

- Un objeto X es accesible si y solo si:
  - existe un puntero a X ó
  - otro objeto accesible Y contiene un puntero a X .
- Un objeto no accesible nunca podrá ser usado y por tanto es *basura* (*"garbage"*)
- Una estrategia de *recolección de basura* (*"Garbage Collection"*) debe considerar:

1. Asignar espacio a los nuevos objetos según se necesite

2. Cuando el espacio libre se agote:

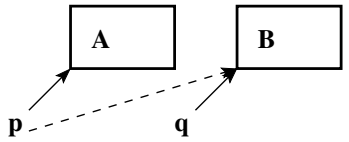
a. detectar los objetos accesibles

b. liberar el espacio asignado a los objetos no accesibles (que no están en (a))

Algunas estrategias activan la recolección de basura antes de que el espacio realmente se agote.

Gestión dinámica de memoria: montículo

- Desocupación sobre la marcha "free-as-you-go"



$p = q$

Se necesita un contador (punteros apuntando) en cada zona.

- acceder al contador zona A
- Si es 1, liberar zona A
- si no decrementar contador zona A
- p apunta zona B e incrementa su contador

- Marcar y barrer "marck-and-sweep"

Cuando queda poca memoria, cuando finaliza un módulo o bajo ciertas condiciones:

- buscar todas las referencias vivas y "marcar" los bloques accesibles.
- liberar ("barrer") todos los bloques no marcados