Semillero de Programación

Cap 2. Estructuras de datos y bibliotecas

Santiago Vanegas Gil

Universidad EAFIT

8 de agosto del 2014

Contenido

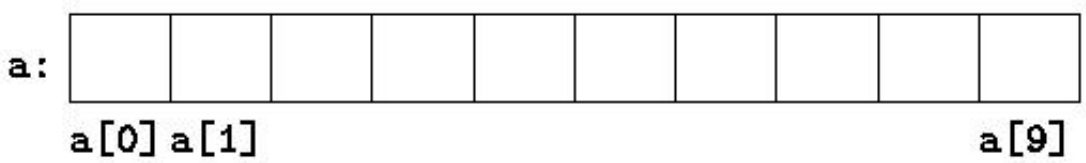
1. Estructuras de datos lineales
   - Arreglos estáticos
   - Arreglos dinámicos
   - Arreglo de booleanos (bitset)
   - Máscaras de bits
   - Pilas
   - Colas
2. Estructuras de datos no lineales
   - Arbol binario de búsqueda
     - Mapa
     - Set
     - Cola de prioridad

Contenido

1. Estructuras de datos lineales
   - Arreglos estáticos
   - Arreglos dinámicos
   - Arreglo de booleanos (bitset)
   - Máscaras de bits
   - Pilas
   - Colas

Arreglos estáticos

- Es una colección de datos secuenciales que son guardados para luego ser consultados basandose en sus índices.
- Es claramente la estructura más común en maratones de programación.
- Típicamente se usan arreglos de 1, 2 y 3 dimensiones como máximo.
- Por ejemplo, un arreglo de 10 posiciones llamado a puede ser representado así:



Arreglos estáticos

A continuación, aprenderemos cómo declarar arreglos estáticos en C++.

Declaración de arreglos estáticos en C++

```
tipo_de_dato nombre [número_de_elementos];
```

Ejemplos:

```
int arr [10];
string words [50];
```

Arreglos estáticos

Ahora veamos cómo se declaran en Java.

Declaración de arreglos estáticos en Java

```
tipo_de_dato [] nombre = new tipo_de_dato [tamaño];
```

Ejemplo:

```
int [] nums = new int[10];
String [] words = new String[5];
```

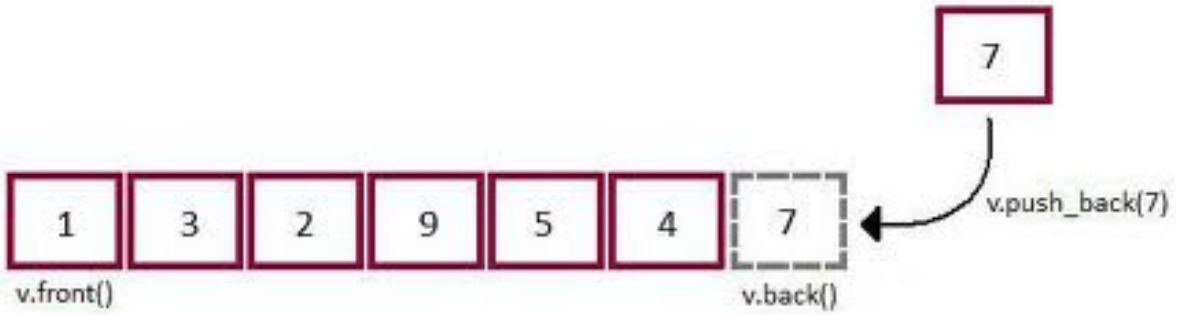
Arreglos estáticos

Un ejemplo de uso de arreglos estátios es leerlo y luego recorrerlo hasta encontrar un 0.

```
1   #include <iostream>
2
3   using namespace std;
4
5   const int MAXN = 10;
6   int nums[MAXN];
7
8   int
9   main() {
10      for (int i = 0; i < sizeof(nums) / sizeof(nums[0]); i++) {
11          cin >> nums[i];
12      }
13      for (int i = 0; i < sizeof(nums) / sizeof(nums[0]); i++) {
14          if (nums[i] == 0) {
15              cout << "I found a 0 in position: " << i << endl;
16              break;
17          }
18      }
19      return 0;
20  }
```

Arreglos dinámicos

- Los arreglos dinámicos o vectores son estructuras similares a los arreglos estáticos, excepto que son diseñados para permitir cambio de tamaño en tiempo de ejecución.
- Al igual que los arreglos, los elementos pueden ser accedidos por medio del índice de su posición, empezando por en índice 0.
- Las operaciones comúnes en vectores en C++ son: *push_back*(), operador [] o *at*(), *clear*(), *erase*(), *size*().
- En C++, para hacer uso de vectores es necesario importar la biblioteca *vector*, y en Java *ArrayList*.



Arreglos dinámicos

Veamos un ejemplo del uso de vectores en C++:

```cpp
#include <iostream>
#include <vector> //Remember to import the library

using namespace std;

int
main() {
    vector <int> nums(5, 5); //Initial size 5 with values {5, 5, 5, 5, 5}
    for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
        nums[i] = i * 2; //Store new value in position i
    }
    for (int i = 0; i < nums.size(); i++) {
        cout << nums[i] << " ";
    }
    //Output will be: 0 2 4 6 8
    return 0;
}
```

Arreglo de booleanos

- Los arreglos de booleanos o *bitsets* sólo se almacenan valores boleanos, esto es, $1/true$ o $0/false$.
- Permite almacenar muchos bits de una forma eficiente
- La biblioteca *bitset* en C++ soporta operaciones útiles como $reset()$, $set()$, $test()$ y el operador [].

Arreglo de booleanos

Veamos un ejemplo del uso de bitsets en C++:

```
1   #include <iostream>
2   #include <bitset> //Remember to import the library
3   #include <string> //Needed below
4
5   using namespace std;
6
7   int
8   main() {
9       bitset<16> bits1; //Create an empty bitset
10      bitset<16> bits2 (0xFA2); //Create a bitset from an hexadecimal value
11      bitset<16> bits3 (string("1110101")); //Bitset from a string
12
13      cout << "bits1: " << bits1 << endl; //bits1: 0000000000000000
14      cout << "bits2: " << bits2 << endl; //bits2: 0000111110100010
15      cout << "bits3: " << bits3 << endl; //bits3: 0000000001110101
16      cout << "bits2 has " << bits2.count() << " ones" << endl; //bits2 has 7 ones
17      cout << "bits2 is: " << bits2.to_ulong() << endl; //bits2 is: 4002
18      return 0;
19  }
```

Máscaras de bits

- Podemos usar enteros para representar pequeños conjutos de valores booleanos.
- Usar operaciones de bit a bit con enteros, en algunos casos, resulta ser mucho más eficiente comparado con vectores de booleanos o *bitsets*.
- Pueden facilitar bastante la implementación de un problema y ganar tiempo en una maratón.

Máscaras de bits

Antes de comenzar con todas las operaciones, recuerda que los bits se cuentan de derecha a izquierda, siendo la derecha el bit menos significativo y la izquierda el bit más significativo.

Operación shifting

A un conjunto de bits se le puede hacer $Shifting$ hacia la izquierda y derecha, cada dirección se representa con el símbolo << y >> respectivamente.
Ejemplo:
Si se tiene el siguiente conjunto de bits y se le hace $Shift$ a la derecha 3 veces obtendremos el siguiente resultado:

- 0010010 - Conjunto original
- 0001001 - Primer shift
- 0000100 - Segundo shift (Pérdida bit menos significativo)
- 0000010 - Tercer shift

Máscaras de bits

Cómo saber si un bit está prendido

Sea S el conjunto de bits, podemos saberlo con la siguiente instrucción:

```
S & (1 << j)
```

Donde j es la posición del bit que se quiere consultar.
Ilustración:

```
Con j   = 4
S       = 101010 (bin)
1 << 4 = 010000 (bin)
         ------ AND
         000000 <- El resultado es 0
                   el bit no está prendido.
```

Máscaras de bits

Encender el bit j (base 0) de un set

Se debe usar la operación bit a bit **OR**, veamos:

```
S |= (1 << j)
```

```
1  S = 34 (base 10) = 100010 (base 2)
2  j = 3, 1 << j    = 001000 <- bit 1 desplazado 3 veces
3                     ------- OR
4  S = 42 (base 10) = 101010 (base 2)
```

Máscaras de bits

Apagar el bit j (base 0) de un set

Se debe usar la operación bit a bit **AND**, veamos:

```
S &= ~(1 << j)
```

```
1  S = 42 (base 10) = 101010 (base 2)
2  j = 1, ~(1 << j) = 111101 <-- Shift y NOT
3                     ------- AND
4  S = 40 (base 10) = 101000
```

Máscaras de bits

Multiplicar o dividir por potencias de 2

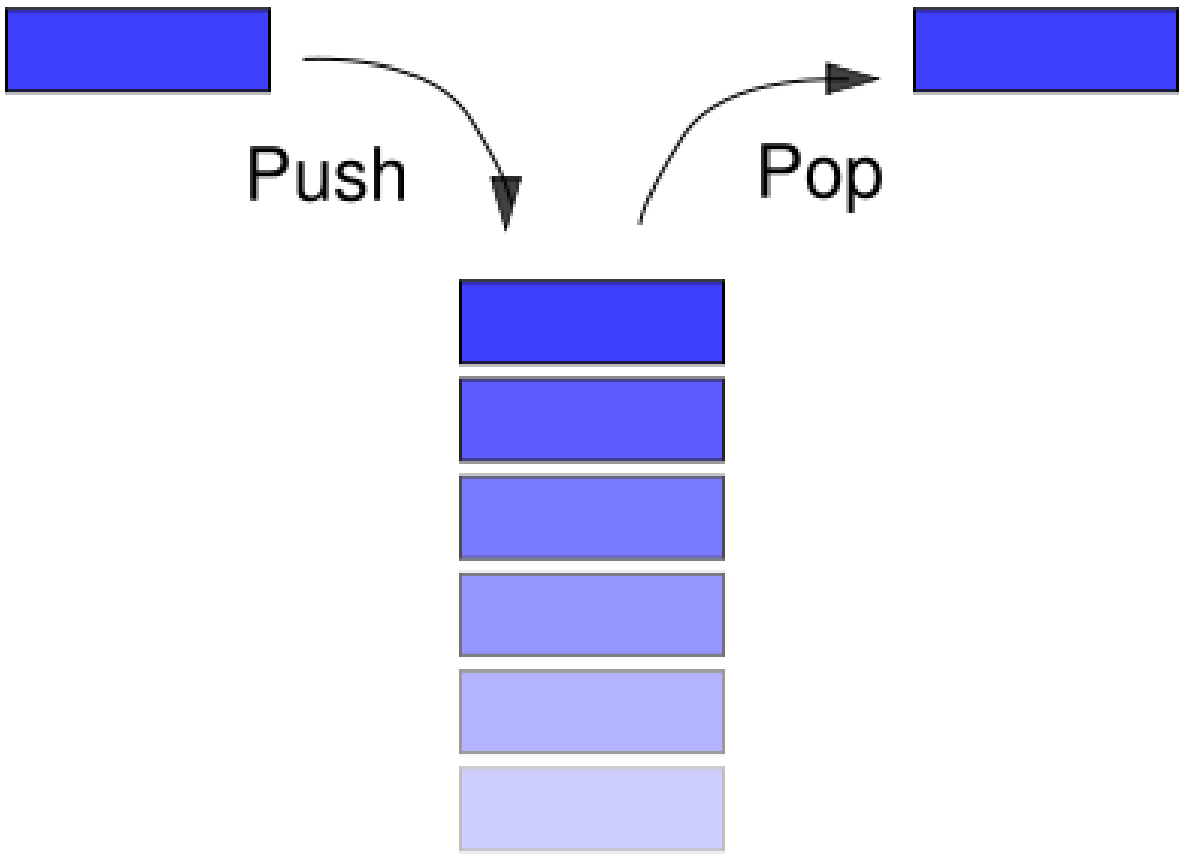
Sólo se necesita hacer *Shift* a los bits del entero la cantidad de veces que equivalen a la potencia.

```
1  S                  = 34 (base 10) =  100010 (base 2)
2  S = S << 1 = S * 2 = 68 (base 10) = 1000100 (base 2)
3  S = S >> 2 = S / 4 = 17 (base 10) =   10001 (base 2)
4  S = S >> 1 = S / 2 =  8 (base 10) =    1000 (base 2)
```

Notar que la división es entera, por lo que se corre el riesgo de perder bits menos significativos.

Pilas

- Sólo permite una operación aplicada al tope de la pila, es decir, meter o sacar el último elemento del contenedor.
- **El úlltimo elemento que ingresó es el primer elemento en salir (LIFO)**



Pilas

Las operaciones que se pueden usar en una pila son:

Operaciones soportadas por una pila

push(x) - Inserta el elemento x al final de la pila.
pop() - Remueve el último elemento de la pila.
top() - Retorna el último elemento de la pila, sin removerlo.
empty() - Retorna verdadero si la pila está vacía.
size() - Retorna el tamaño de la pila.

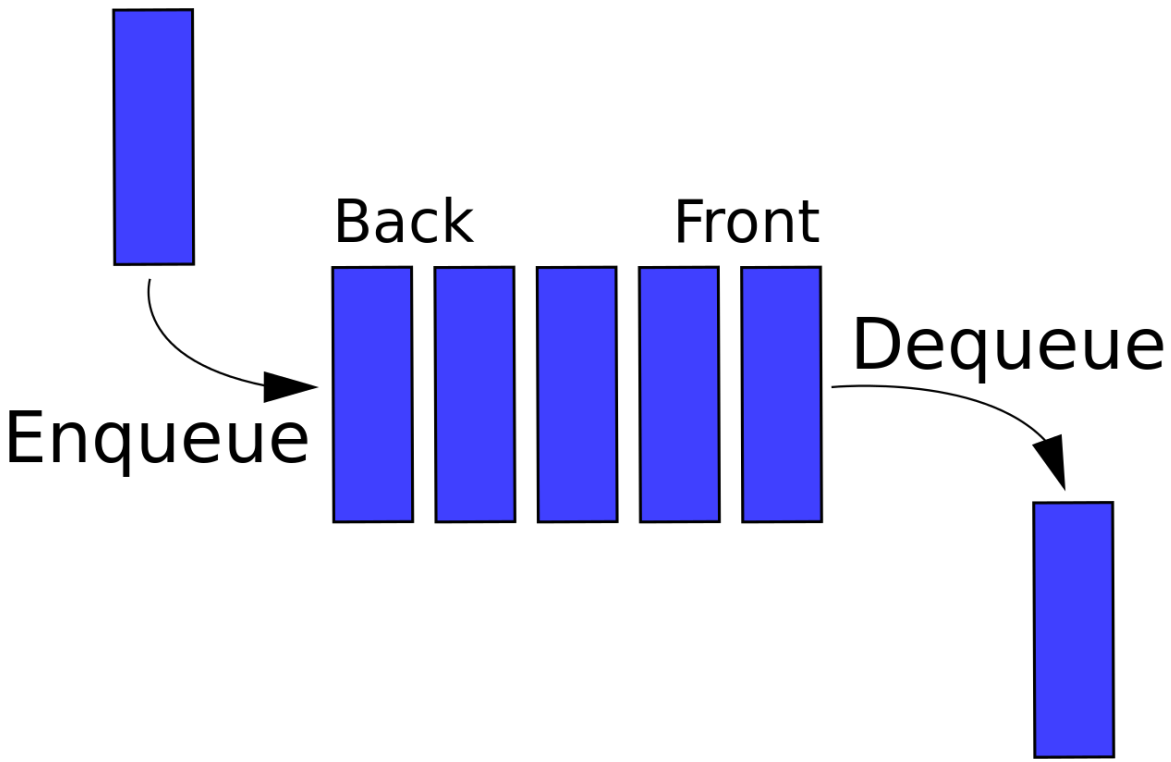
Pilas

Veamos un ejemplo de implementación de pila usando la librería de C++ *stack*.

```
1  #include <iostream>
2  #include <stack>            // Remember to include stack
3  using namespace std;
4
5  int main(){
6     stack <int> s;            // Create an integer stack
7     s.push(10);               // Insert 10
8     s.push(-1);               // Insert -1
9     cout << s.top() << endl;  // Print -1
10    s.pop();                  // Remove -1
11    cout << s.top() << endl;  // Print 10
12    cout << s.size() << endl; // The stack size is 1
13    return 0;
14 }
```

Colas

- Las operaciones básicas son insertar al final de la cola, y eliminar del frente de la cola.
- **El primer elemento insertado es el primero en salir de la cola (FIFO)**



Colas

Las operaciones que se pueden usar en una cola son:

Operaciones soportadas por una pila

push(x) - Inserta el elemento x al final de la cola.
pop() - Remueve el primer elemento (frontal) de la cola.
front() - Retorna el primer elemento de la cola, sin removerlo.
empty() - Retorna verdadero si la cola está vacía.
size() - Retorna el tamaño de la cola.

Colas

Veamos un ejemplo de implementación de cola usando la librería de C++ *queue*.

```
1  #include <iostream>
2  #include <queue>                // Remember to include queue
3  using namespace std;
4
5  int main(){
6     queue <int> q;               // Create an integer queue
7     q.push(10);                  // Insert 10
8     q.push(-1);                  // Insert -1
9     cout << q.front() << endl;   // Print 10
10    q.pop();                     // Delete 10
11    cout << q.front() << endl;   // Print -1
12    cout << q.size() << endl;    // The queue size is 1
13    return 0;
14 }
```

Contenido

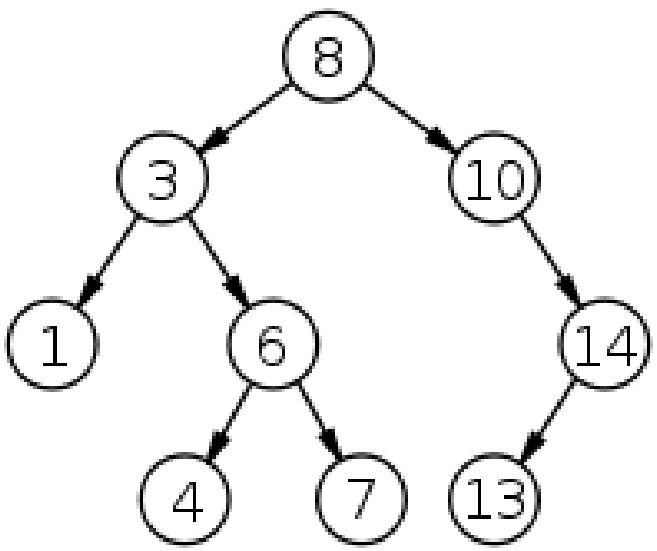
2 Estructuras de datos no lineales
- Arbol binario de búsqueda
  - Mapa
  - Set
  - Cola de prioridad

Estructuras de datos no lineales

- Para algunos problemas, el almacenamiento lineal no es la mejor opción por su eficiencia en ciertas operaciones.
- Colecciones dinámicas no lineales como *Maps* o *HashTables* son las más adecuadas debido a su rendimiento en operaciones de inserción, búsqueda y eliminación.

Arbol binario de búsqueda

- Es una forma de organizar los datos en una estructura de árbol.
- Los items en una rama izquierda de un elemento x son menores que x, y los items en una rama derecha de x son mayores o iguales a x.
- En C++, implementaciones de árboles binarios de búsqueda están las bibliotecas *map* y *set*



Mapa

Mapa

Un mapa es un contenedor que guarda parejas de elementos. El primer elemento de la pareja (key) sirve para identificarla y el segundo elemento (mapped value) es el valor asociado a la llave.

Declaración

```
#include <map>
map <tipo_dato_key, tipo_dato_value> nombre;
```

Ejemplos:

```
map <string, int> m;
map <char, int> char2int;
```

Acceso a elementos de un mapa

Los elementos de un mapa se llaman por su llave así:

```
map <string, int> m;
m["Hola"] = 3;
int a = m["Cangrejo"];
```

Para ingresar un elemento se puede hacer así:

```
if (m.count["Nuevo"] == 0) m["Nuevo"] = 123;
```

Con la función `count` se busca cuántas veces está el elemento con la llave `"Nuevo"`. Si el elemento no está, cuando accedemos a él con `[]` éste se crea automáticamente.
Cuando accedo con `[]` a un elemento del mapa que no existe este se crea con valores por defecto. Para strings es el string vacío `""` y para enteros es el número 0.

Complejidad del mapa

Complejidad

- Insertar / acceder un elemento al mapa es $O(log\, n \times k)$ donde n es el número de elementos en el mapa y k es el tiempo que toma comparar dos llaves del mapa.
- Comparar dos enteros es $O(1)$, comparar dos strings es $O(m)$ donde m es la longitud de los strings.
- Insertar / acceder un elemento a un mapa con llaves strings es $O(log\, n \times m)$ donde n son los elementos del mapa y m es la longitud del string.

Nota

Los elementos de un mapa se almacenan en orden de acuerdo a una función de comparación. Por defecto la función de comparación es la de menor, es decir que los elementos se almacenan de menor a mayor.

Recorrer un mapa

Para recorrer un mapa es necesario usar iteradores.

```
1  #include <iostream>
2  #include <map>
3  using namespace std;
4
5  int main(){
6     map <string, int> m;
7     m["b"] = 4;
8     m["bc"] = 1;
9     m["a"] = 3;
10    map <string, int> :: iterator it;
11    for (it = m.begin(); it != m.end(); it++){
12       cout << "( " << it->first << " " << it->second << " ) ";
13       // cout << "( " << (*it).first << " " << (*it).second << " ) ";
14    }
15    return 0;
16 }
17 // La funcion imprime ( a 3 ) ( b 4 ) ( bc 1 )
```

Otras funciones en el mapa

Otras funciones que se pueden hacer con el mapa son:

- Recorrerlo al revés con `rbegin` y `rend`
- Obtener el tamaño con `size`
- Borrar el contenido con `clear`
- Insertar elementos (si no están antes) con `emplace`
- Borrar elementos con `erase`
- Buscar un elemento con `find`

Para más información mirar
`http://www.cplusplus.com/reference/map/map/`

Set

Set

Un set es un contenedor que guarda conjuntos, es decir grupos de elementos iguales donde cada elemento aparece una sola vez. Los elementos de un set se almacenan en orden de acuerdo a una función de comparación. Por defecto la función de comparación es la de menor, es decir que los elementos se almacenan de menor a mayor.

Declaración

```
#include <set>
set <tipo_dato> nombre;
```

Ejemplos:

```
set <string> s;
set <int> amigos;
```

Set

Sobre un set se pueden hacer las siguientes operaciones.

- **insert** Inserta un elemento al set. Ejemplo: `amigos.insert(9)`
- **count** Cuenta cuántas veces aparece un elemento (0 o 1 vez). Ejemplo: `amigos.count(3)`
- **find** Retorna un iterador al lugar donde está el elemento. Ejemplo: `amigos.find(3)`
- **erase** Elimina un elemento del set. Ejemplo: `amigos.erase(amigos.find(3))`

Todas las operaciones anteriores tienen una complejidad $O(log\, n \times k)$ donde n es el número de elementos del set y k es el tiempo que toma comparar dos elementos.
Para más información mirar
`http://www.cplusplus.com/reference/set/set/`

Recorrer un set

Para recorrer un set es necesario usar iteradores.

```
1  #include <iostream>
2  #include <set>
3  using namespace std;
4
5  int main(){
6     set <int> s;
7     s.insert(4);
8     s.insert(-1);
9     s.insert(3);
10    s.insert(4);
11    set <int> :: iterator it;
12    for (it = s.begin(); it != s.end(); it++){
13       cout << *it << " ";
14    }
15    return 0;
16 }
17 // La funcion imprime -1 3 4
```

Cola de prioridad

Un heap se puede representar en C++ como una cola de prioridades así: `#include <queue>`
`priority_queue <tipo_dato> nombre;`
Ejemplos:
`priority_queue <int> heap;`
`priority_queue <pair <int, int> > q;`

Para más información mirar: `http://www.cplusplus.com/reference/queue/priority_queue/`

Operaciones

La cola de prioridades (heap) soporta las siguientes operaciones

push	Inserta un elemento
pop	Extrae un elemento
top	Retorna el máximo elemento de la cola (heap)
size	Retorna el tamaño de la cola (heap)

La cola de prioridades se ordena de acuerdo a la función de ordenamiento $<$ (menor que) por lo que retorna el elemento con el cual todos los demás comparan menor que él, es decir, el mayor elemento.

GRACIAS

Esta presentación fue basada en el libro Competitive Programming 3 de Steven Halim y Felix Halim.
Ciertos elementos contenidos en las diapositivas fueron tomados de: `https://github.com/anaechavarria/SemilleroProgramacion/tree/master/Diapositivas`