Algoritmos y Estructuras de Datos II

TALLER - 16 de Junio de 2022

Laboratorio 7: Algoritmo de Dijkstra

```
- Revisión 2021: Marco Rocchietti
- Revisión 2020: Leonardo Rodríguez
(:)
```

Objetivos

1. Representar un Grafo en C
2. Reforzar conceptos de memoria estática (STACK) y memoria dinámica (HEAP)
3. Manejar vectorización de matrices
4. Construir matrices dinámicas en C
5. Implementar el algoritmo de Dijkstra

Preliminares

En este laboratorio se deberá implementar el algoritmo de *Dijkstra*. El algoritmo computa, dado un vértice inicial `v`, los costos de los caminos mínimos entre `v` y cada uno de los demás vértices de un grafo dirigido. Nos vamos a basar en el pseudocódigo visto en el teórico, donde se define una función

```
fun Dijkstra (L : array[1..n,1..n] of Nat, v: Nat) ret D : array [1..n] of Nat
    (:)
end fun
```

Nuestra versión en C tendrá algunas pequeñas diferencias. Por ejemplo, no se tomará como entrada una matriz sino un TAD *Grafo*. La función que implementará el algoritmo se encuentra en el archivo **`dijkstra.c`** y posee la siguiente signatura:

```
cost_t *dijkstra(graph_t graph, vertex_t init);
```

El primer parámetro es un grafo, y el segundo es el vértice inicial. Devuelve un arreglo que en cada posición `v` (el tipo `vertex_t` es alguna variedad de enteros y se puede utilizar para indexar) contiene el costo del *camino de costo mínimo* desde `init` hasta `v`.

Además se provee en **`graph.h`** una especificación del TAD Grafo (grafos dirigidos) y en **`mini_set.h`** una especificación del TAD *Set* con las operaciones relevantes de conjuntos que se necesitan para implementar el algoritmo de Dijkstra. Por último, el tipo para los costos de las aristas está especificado en **`cost.h`**.

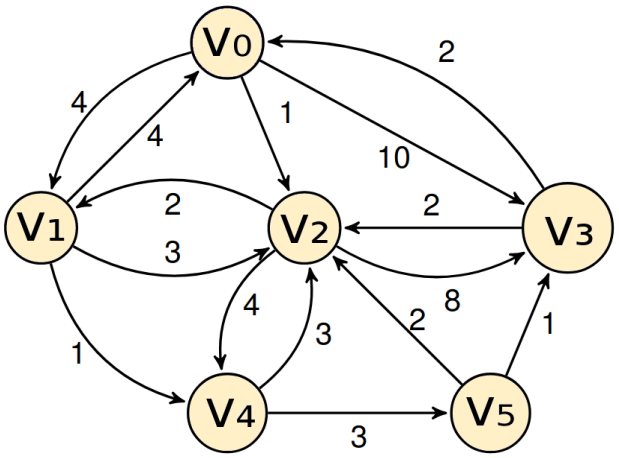
Se incluye un **`Makefile`** para que puedan compilar los distintos ejercicios de manera cómoda.

Ejercicio 1: Representación de Grafos

El TAD grafo tiene la siguiente interfaz:

Función	Descripción
`graph_t graph_empty(unsigned int max_vertexs)`	Crea un grafo vacío con capacidad máxima de `max_vertexs` vértices
`unsigned int graph_max_vertexs(graph_t graph);`	Devuelve la capacidad máxima del grafo
`void graph_add_edge(graph_t graph, vertex_t from, vertex_t to, cost_t cost)`	Agrega una arista desde el vértice `from` hasta `to` con costo `cost`.
`cost_t graph_get_cost(graph_t graph, vertex_t from, vertex_t to)`	Se obtiene el costo de la arista que hay de `from` a `to`
`graph_t graph_from_file(const char *file_path)`	Lee un grafo del archivo `file_path`
`void graph_print(graph_t graph);`	Muestra un grafo por pantalla
`graph_t graph_destroy(graph_t graph)`	Destruye la instancia `graph`

En la carpeta **`input`** se encuentran archivos en formato texto que especifican una matriz de costos. Por ejemplo el grafo dado en las filminas del teórico:



se representa en el archivo **`input/example_graph_1.in`** con la siguiente matriz:

```
6
0 4 1 10 # #
4 0 3 #  1 #
# 2 0 8  4 #
2 # 2 0  # #
# # 3 #  0 3
# # 2 1  # 0
```

El primer número es la cantidad de filas y columnas (es una matriz cuadrada por lo que sólo un número es suficiente). Los vértices del grafo son *{0,1,2,3,4,5}*, el costo de la arista

(2, 3) es *8*. Cuando no existe la arista, se escribe **#** para representar el costo infinito.

En el archivo **cost.h** van a encontrar la abstracción para los costos de las aristas.

a) Analizar la implementación parcial del TAD Grafo en **graph_bad.c**. Compilar mediante

```
$ make bad_graph
```

y luego ejecutar

```
$ ./graph_bad input/example_graph_3.in
```

Si no notan nada raro ejecuten

```
$ make test_bad
```

para ver qué dice `valgrind`. ¿Cuál es el problema de esta implementación?

Crear el archivo **graph.c** con la implementación de **graph_bad.c** corregida. ¿Hay alguna invariante de representación para definir?

b) Completar el archivo **graph.c** que utiliza la siguiente estructura de representación:

```
struct graph_data {
      cost_t **costs;
      unsigned int max_vertexs;
};
```

manejar correctamente la matriz de adyacencias y asegurarse de que no haya problemas de memoria. Actualizar la invariante de representación.

Ejercicio 2: Dijkstra

Implementar el algoritmo de *Dijkstra* en **dijkstra.c** usando como guía el pseudocódigo dado en el teórico práctico:

```
fun Dijkstra (L : array[1..n,1..n] of Nat, v: Nat) ret D : array [1..n] of Nat
    var c : Nat
    var C : Set of Nat
    for i := 1 to n do add(C,i) od
    elim(C,v)
    for j := 1 to n do D[j]:= L[v,j] od
    do (not is_empty_set(C)) →
        c := "elijo elemento c de C tal que D[c] sea mínimo"
        elim(C, c)
        for j in C do D[j] := min(D[j], D[c] + L[c,j]) od
    od
end fun
```

Van a necesitar copiar alguna de las versiones de **graph.c** para que funcione. Una vez terminado pueden compilar usando el **Makefile**.

Para verificar su buen funcionamiento, al ejecutar

```
$ ./dijkstra input/example_graph_1.in
```

Deberían obtener el siguiente resultado:

```
Dijkstra Shortest Path Algorithm
Minimum cost from 0 to 0: 0
Minimum cost from 0 to 1: 3
Minimum cost from 0 to 2: 1
Minimum cost from 0 to 3: 8
Minimum cost from 0 to 4: 4
Minimum cost from 0 to 5: 7
```

que se corresponde con la solución vista en el teórico: