

# Envío de mensajes en una red de telefonía móvil



asalber@ceu.es  
<https://aprendeconalf.es>



## Introducción

La telefonía móvil utiliza una red de estaciones y subestaciones de telecomunicación 4G para la transmisión de datos entre dispositivos móviles. Muchas de estas estaciones están interconectadas por fibra y otras se comunican mediante conexiones inalámbricas por radio frecuencias.

Para que un mensaje llegue de un dispositivo emisor a otro receptor, el mensaje debe recorrer el camino que va de la subestación más próxima al emisor a la más próxima al receptor, pasando, a menudo, por varias estaciones de la red que interconectan las subestaciones de origen y destino. La distancia entre las estaciones y su capacidad de transmisión de datos son claves para que los mensajes lleguen lo más rápidamente posible del dispositivo emisor al receptor.

## Objetivos

En este proyecto se debe desarrollar un algoritmo y una aplicación para buscar el camino óptimo para enviar un mensaje desde un punto geográfico a otro de una ciudad a través del grafo que representa la red de estaciones y subestaciones de telecomunicación de la ciudad.

La aplicación recibirá como entrada las coordenadas de los puntos de origen y destino, y el tamaño del mensaje, y debe devolver el camino más rápido para enviar el mensaje del

origen al destino, es decir, el orden de las estaciones por las que el mensaje debe pasar, así como el tiempo que el mensaje tardaría en recorrer ese camino. En la búsqueda del camino óptimo debe tenerse en cuenta la distancia entre las subestaciones, así como la capacidad de transmisión de cada una de ellas.

Para la búsqueda del camino óptimo en el grafo conviene utilizar el famoso [algoritmo de Dijkstra](#) o alguna de sus variantes.

## Tareas

1. Obtener las coordenadas geográficas de la ubicación de las estaciones de telefonía con una frecuencia específica y de un único operador en una determinada ciudad y representar la red en un plano cartesiano. Se puede asumir que las estaciones a menos de  $x$  kilómetros de separación están directamente conectadas por fibra.
2. Construir un grafo que represente la red de estaciones de telefonía. Los pesos de las aristas del grafo podrían ser las distancias en línea recta entre las estaciones, pero es mucho más realista es utilizar la velocidad de conexión entre ellas en Mbps, ya que las estaciones base suelen conectarse entre ellas con conexiones inalámbricas. Para ello se puede utilizar la capacidad de Shannon como se explica en este [artículo](#).
3. Identificar en el grafo las estaciones base más cercanas a las coordenadas de los puntos de origen y destino del mensaje.
4. Implementar en Python o Julia el algoritmo de Dijkstra o alguna de sus variantes para la búsqueda del camino óptimo.
5. Determinar cuál será la estación base que requiera más atención de mantenimiento, es decir, por la que pasen más mensajes. Para ello, usar la métrica de centralidad correspondiente. O lo que es lo mismo, si hubiera un agente malicioso (a.k.a. man in the middle, o Charlie), ¿dónde se ubicaría para interceptar la mayoría de mensajes.
6. Determinar cuánto tardará como máximo un mensaje en llegar de emisor a receptor. Usar la matriz de distancias tras ejecutar el algoritmo de Dijkstra y calcular el diámetro del grafo.

## Datos

Para probar obtener los datos de la ubicación y frecuencia de transmisión de las estaciones de telefonía de una determinada ciudad puede consultarse [web del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital](#) o bien esta otra web con el [mapa de estaciones de telefonía del Estado español](#).