

EL SISTEMA GPS

JULIAN PFEIFLE

La localización en tiempo real de vehículos de todo tipo (barcos, aviones, coches, etc.) en la superficie de la Tierra se ha convertido en un servicio cada vez más asequible para todo el mundo. Aparte de la obvia multitud de aplicaciones prácticas, caben destacar también sus vertientes más lúdicas, como por ejemplo el *geocaching*.

En este trabajo se pretende llegar a entender el funcionamiento del sistema GPS (*Global Positioning System*), que se basa en el análisis de señales obtenidas por un sistema de relojes atómicas de alta precisión, instaladas en satélites que orbitan la Tierra a una altura de 20 200 km. (Los originalmente 24 satélites instalados por EEUU serán complementado en breve por los 28 satélites del sistema europeo GALILEO.)

En el sistema GPS, la posición de un observador en la superficie de la Tierra se determina conociendo (a partir de los datos de las órbitas respectivas) con exactitud la posición de todos los satélites S_i , y midiendo los tiempos t_i que las señales tardan en recorrer la distancia de cada satélite al observador.

En un mundo ideal, para determinar la posición del observador se necesitarían solamente tres satélites, y la tarea sería tan fácil como hallar la intersección de tres esferas: Puesto que todas las señales viajan a la misma velocidad $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s, el observador se encuentra en la intersección de tres esferas con radios ct_1 , ct_2 y ct_3 , respectivamente. Ahora, la intersección de dos esferas es una circunferencia, y la intersección de esta circunferencia con la tercera esfera consiste de dos puntos,¹ uno de los cuales es la posición del observador. En el sistema GPS, las orbitas de los satélites han sido elegidos de tal manera que el segundo punto se encuentra siempre en el espacio, muy lejos de la superficie de la Tierra, para facilitar su exclusión.

Sin embargo, en el mundo real las cosas no son tan fáciles. Puesto que los receptores GPS no pueden tener relojes de la misma precisión que los que están a bordo de los satélites por el elevado coste que ello implicaría, las mediciones de los tiempos t_i vienen necesariamente lastradas por ciertos errores que hay que eliminar para llegar a precisiones de 20m o menos en la determinación de la posición.

El trabajo propuesto consiste en el estudio de artículos y libros relacionados con el tema, y la redacción de una memoria que explique el funcionamiento del sistema GPS. Según los conocimientos de los participantes, también se pueden contemplar la programación de algoritmos de simulación o animación en tres dimensiones, o el análisis de las correcciones provenientes de las teorías de la relatividad especial y general que afectan al problema.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
E-mail address: julian.pfeifle@upc.edu

¹Formulado en términos matemáticos, la esfera de radio fijo r en \mathbb{R}^3 de ecuación $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = r^2$ tiene *dimensión* 2, porque para determinar un punto en ella necesitamos solamente dos datos independientes (como por ejemplo latitud y longitud). La intersección de dos esferas de *dimensión* dos es una circunferencia, o *esfera* \mathbb{S}^1 de *dimensión* 1, y la intersección $\mathbb{S}^2 \cap \mathbb{S}^1 = \mathbb{S}^0 = \{\bullet, \bullet\}$, la *esfera de dimensión* 0. Es ésta la única esfera que consiste de dos *componentes conexas*.