

GPS : موقعیت، زمان و فاصله

نویسندگان:

BY: Henk Key and Dr. Mathias Lemmens

ترجمه: مهندس لطفاله عمادعلی

کارشناس ارشد ژئودزی (نقشه برداری خوزستان)

l-emadali@yahoo.com

مقدمه

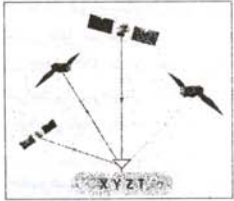
با استفاده از مختصات ماهواره‌ها و با تعیین فاصله گیرنده از ماهواره، موقعیت گیرنده GPS محاسبه می‌شود و با اندازه گیری زمان سیر سیگنال رادیویی از ماهواره تا گیرنده، فاصله تعیین می‌شود. اما مختصات ماهواره چگونه تعیین شده و زمان چگونه اندازه گیری می‌شود؟ این مبحث تعیین موقعیت ماهواره‌ای است که می‌دانیم چیست، چه کار می‌کند، اما نمی‌دانیم چگونه کار می‌کند.

بطور کلی تعیین موقعیت ماهواره‌ای یک مسئله سه ضلع بندی می‌باشد. مختصات گیرنده را با دانستن موقعیت سه ماهواره و اندازه گیری فاصله بین این ماهواره‌ها و گیرنده می‌توان محاسبه نمود. فاصله بین گیرنده و ماهواره با ضرب نمودن زمان سیر سیگنال رادیویی در سرعت سیر امواج (سرعت نور) بدست می‌آید. اما چگونه می‌توان موقعیت ماهواره‌ها را بطور دائم کنترل نمود؟ مدار حرکت ماهواره‌ها بطور کامل و دقیق قابل تعیین نبوده و بر اثر تأثیرات ناشی از نیروهای اجرام سماوی تغییر می‌کنند. از آنجایی که سیگنال‌های رادیویی با سرعتی برابر با 300000 km/s حرکت می‌کنند، عدم دقت در اندازه گیری زمان به میزان یک نانو ثانیه (10^{-9}) منجر به خطایی برابر با 30 cm در اندازه گیری فاصله خواهد شد و این در حالی است که با گیرنده‌های ژئودتیک دقت‌های در حد سانتیمتر قابل دستیابی می‌باشند.

موقعیت و زمان

بخش کنترل زمینی، موقعیت ماهواره‌های GPS را ردیابی و کنترل می‌کند، برای 92% از اوقات سال، ماهواره‌های GPS از طریق ایستگاه کنترل اصلی (Master Station) واقع در نیروی هوایی Falcon در Colorado Springs ایالات متحده و چهار ایستگاه کنترل دیگر در Ascension Island, Diego Garcia Hawaii, Kwajalein و Red Bay کنترل می‌شوند. در دو بازه زمانی روزانه و به مدت 1.5 ساعت ماهواره‌ها از دسترسی ایستگاههای کنترل خارج می‌گردند. ایستگاه کنترل اصلی بعنوان مرکز پردازش تمامی اطلاعات جمع آوری شده از پنج ایستگاه کنترل زمینی می‌باشد. مختصات مدارها بطور مداوم از طریق مثلث بندی تعیین می‌شود. با مقایسه زمان‌های ساعت‌های اتمی چهار ماهواره با زمانهای بدست آمده از دستگاههای مشابه زمینی، اطلاعاتی در خصوص خطای زمان بدست می‌آید. هرگاه ماهواره‌ای به تدریج از مدار خارج شود، تعیین موقعیت مجدد آن به عهده ایستگاه کنترل زمینی می‌باشد. همچنین در صورت نیاز ممکن است ساعت‌های ماهواره‌ها مجدداً تنظیم گردند، اما در بیشتر اوقات اطلاعات مربوط به خطاهای زمان بصورت پارامترهای تصحیح به سیگنال‌های GPS اضافه می‌شوند. اطلاعات مربوط به تصحیحات مداری

ماهواره‌ها، تنظیم مجدد ساعت ماهواره و تعیین موقعیت مجدد ماهواره‌ها از طریق ۳ ایستگاه فرستنده، که در مجاورت ایستگاههای کنترل زمینی واقع شده‌اند به ماهواره‌ها ارسال می‌گردند. بدین طریق، تمامی ماهواره‌های GPS قادر خواهند بود این تصحیحات را بطور پیوسته به پارامترهای ارسالی خود، شامل اطلاعات افریز ماهواره، آلماناک، اطلاعات مربوط به سلامت ماهواره و تصحیحات ساعت ماهواره اضافه نمایند.



اساساً سه ضلع بندی نیاز به مختصات معلوم سه ماهواره دارد. برای حل مسأله بایاس (تأخیر) زمانی، زمان سیر سیگنال رادیویی از چهار ماهواره اندازه گیری می‌شود.

فاصله و تفاضل

اصولاً زمان سیر یک سیگنال رادیویی را می‌توان از تفاضل بین زمان رسیدن سیگنال به گیرنده و زمان ارسال سیگنال توسط ماهواره تعیین نمود. همانگونه که توضیح داده شد، برای رسیدن به دقت‌های در حد سانتیمتر در تعیین موقعیت نقاط، این تفاضل زمانی می‌بایست با دقتی بهتر از نانو ثانیه اندازه گیری شود. دستیابی به چنین دقتی نیاز به ساعت‌های اتمی در گیرنده و ماهواره دارد. از طرفی ساعت‌های اتمی برای مصارف روزانه بسیار گران و پرهزینه می‌باشند. راه حل ارائه شده توسط مهندسان ماهر و باهوش ساده و مؤثر می‌باشد. در این روش فقط ماهواره‌ها به ساعت‌های اتمی دقیق و گران قیمت با تغییرات زمانی سالانه ۲ نانو ثانیه مجهز می‌شوند. گیرنده‌های GPS با ساعت‌های نسبتاً ارزانتر کوارتز و با دقت‌های تا ۱۰ نانو ثانیه در روز مجهز می‌شوند. با این دقت می‌توان فرض نمود که بایاس زمانی بین ساعت گیرنده و ساعت‌های نصب شده در تمامی ماهواره‌ها یکسان می‌باشد.

بنابراین فقط یک پارامتر مجهول زمانی وجود دارد: بایاس زمانی (تأخیر زمانی). این مجهول را می‌توان با اندازه گیری زمان سیر سیگنال‌های رادیویی بین گیرنده و چهار ماهواره - بجای ۳ ماهواره - تعیین نمود. اختلافات میان مختصات محاسبه شده موقعیت گیرنده (که البته نمی‌بایست وجود داشته باشد، زیرا مشاهدات مربوط به یک نقطه می‌باشند) اطلاعات کافی و دقیق را برای تعیین بایاس و تأخیر زمانی فراهم می‌آورد، هر نقشه بردار زمینی می‌داند که بمنظور بالا بردن قابلیت اطمینان، برای حل مجهولات همواره می‌بایست اندازه گیری‌های بیش از حد نیاز انجام گردد. بنابراین، تمامی گیرنده‌های GPS قبل از اعلام مختصات گیرنده حداقل به اطلاعات پنج ماهواره نیاز دارند.