موقعیت‌یابی تجهیزات الکترونیکی (پهپاد) توسط تعیین موقعیت ماهواره‌ای

مرکز تربیت مربی فنی و حرفه ای

پاییز ۱۴۰۳

موقعیت‌یابی تجهیزات الکترونیکی (پهپاد) توسط تعیین موقعیت ماهواره‌ای

گردآوری:

امید بهنام گل

مرکز تربیت مربی فنی و حرفه ای

سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور

رعایت اصول اخلاقی و مسئولیت صحت و دقت محتوا برعهده نویسنده / نویسندگان می باشد.

پاییز ۱۴۰۳

GNSS

GNSS مخفف **G**lobal **N**avigation **S**atellite **S**ystem به معنی سیستم تعیین موقعیت و ناوبری ماهواره‌ای جهانی می‌باشد. GNSS بیان‌گر ترکیب سیستم‌های تعیین موقعیت ماهواره‌ای جهانی و منطقه‌ای می‌باشد.

سیستم‌های تشکیل‌دهنده GNSS

- **GPS:** که سیستم مربوط به **ایالت** متحده آمریکا بوده مخفف Global Positioning System است.
- **GLONASS:** که سیستمی روسی بوده و مخفف Global ‘Naya Navigation Sputnik ova Sistemaمی‌باشد.
- **Galileo:** که سیستم مربوط به اتحادیه اروپا است.
- **Beidou:** که مربوط به کشور چین است.
- و... .

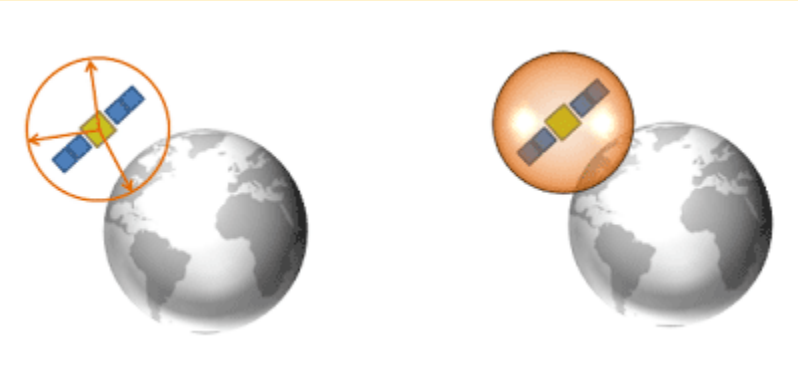
یکی از علل روی آوردن کشورها به ساخت سامانه‌های ناوبری جهانی یا محلی، این است که آمریکا و روسیه می‌توانند در زمان جنگ سرویس‌های GPS و GLONASS را برای آن کشورها غیرفعال کنند

چگونه GPS موقعیت ما را روی کره‌ی زمین تشخیص می‌دهد؟

ماهواره‌ها اطلاعاتی شامل زمان و موقعیت خود در فضا را ارسال می‌کنند. زمانی که یک گیرنده این داده‌ها را دریافت می‌کند، با مقایسه‌ی داده‌ی زمان دریافت شده با زمان حقیقی کنونی، اختلاف زمان ارسال تا دریافت سیگنال را محاسبه می‌کند. با دانستن سرعت موج ارسال شده و زمان ارسال، می‌توان مسافت طی شده توسط سیگنال را به دست آورد. همچنین گیرنده موقعیت ماهواره در فضا را نیز دریافت می‌کند. گیرنده‌های GPS نه‌تنها مکان را ردیابی می‌کنند بلکه می‌توانند سرعت و زمان را نیز محاسبه کنند.

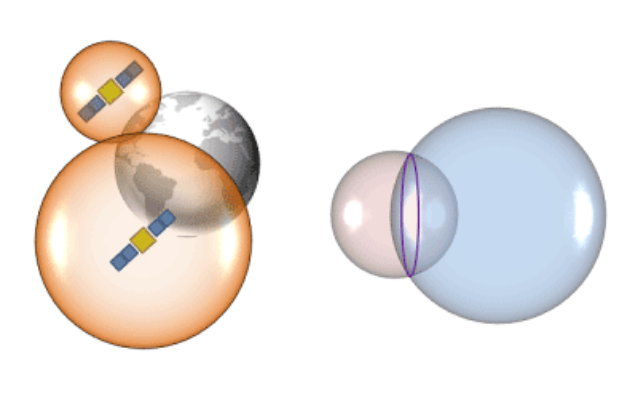
Distance=Speed*Time

گیرنده با دانستن موقعیت ماهواره و فاصله‌ی خود از آن می‌تواند موقعیت خود را به دست آورد؛ اما واضح است که بی‌نهایت موقعیت در فضا وجود دارند که از یک نقطه‌ی مشخص (موقعیت ماهواره) به‌اندازه‌ای مشخص (فاصله‌ی گیرنده‌ی ماهواره از آن) فاصله دارند. این بی‌نهایت نقطه در کنار یکدیگر مکان هندسی یک کره به مرکز موقعیت ماهواره و شعاع فاصله ماهواره تا گیرنده را تشکیل می‌دهند؛ بنابراین احتمال حدس درست موقعیت گیرنده صفر خواهد بود (احتمال نقطه در سطح)



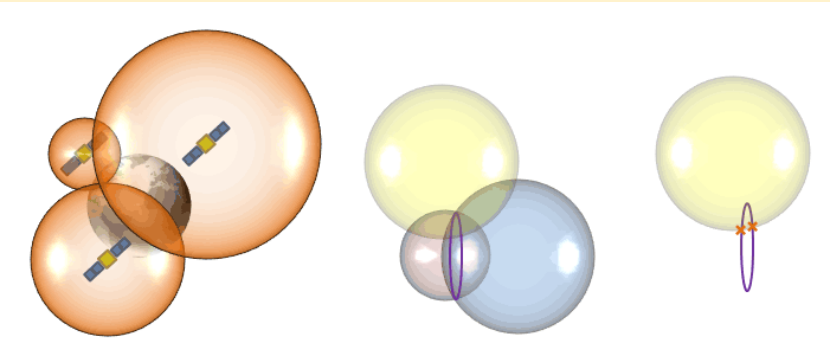
مکان هندسی حاصل از یک ماهواره GPS

درصـــورتی‌که گیرنده اطلاعات زمان و موقعیت را از دو ماهواره دریافت کند، مکان هندســـی دو کره را به‌عنوان موقعیت احتمالی خود خواهد داشــت. می‌دانیم که فصــل مشــترک برخورد دو کره به یکدیگر، یک دایره خواهد بود؛ بنابراین در این حالت مجموعه نقاط احتمالی موقعیت از یک کره به یک دایره تقلیل خواهد یافت؛ اما همچنان احتمال حدس درست موقعیت گیرنده صفر است (احتمال نقطه در خط).



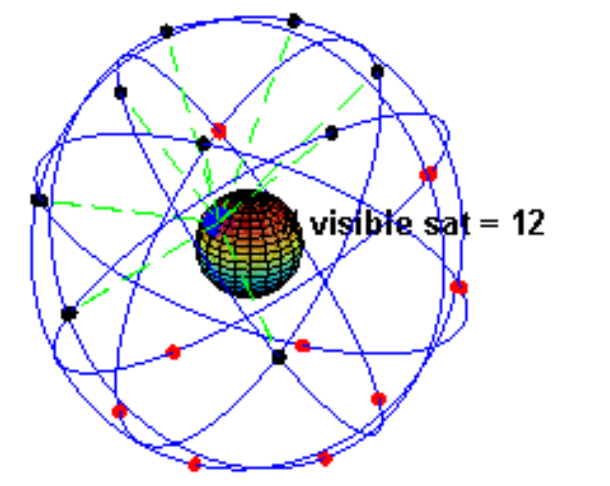
مکان هندسی حاصل از دو ماهواره GPS

اگر گیرنده اطلاعات ۳ ماهواره را دریافت کند، نقاط احتمالی موقعیت گیرنده از مجموعه نقاط روی دایره به دونقطه‌ی خاص تقلیل می‌یابد؛ زیرا فصــل مشــترک دو کره دایره اســت و فصــل مشــترک برخورد دایره و کره، دونقطه است. از بین دونقطه‌ی حاصل شده، یک نقطه ازلحاظ فیزیکی منطقی نخواهد بود. به‌عنوان‌مثال موقعیت نقطه درون کره‌ی زمین و نه روی سطح کره به دست می‌آید؛ بنابراین نقطه‌ی دیگر موقعیت صحیح گیرنده روی کره‌ی زمین را نمایش خواهد داد.



مکان هندسی حاصل از سه ماهواره GPS

برای درگیر نشدن با مسئله‌ی انتخاب صحیح بین دونقطه‌ی صحیح و غلط و افزایش دقت، اطلاعات ارسال شده از چهار ماهواره در هرلحظه دریافت و پردازش می‌شود که حاصل برخورد چهار کره‌ی حاصل از این اطلاعات فقط یک نقطه‌ی خاص خواهد بود. به‌طورکلی با صرف‌نظر از ارتفاع با سه ماهواره امکان تعیین موقعیت مکانی دوبعدی وجود دارد و با لحاظ کردن خود کره زمین به‌عنوان یک کره با استفاده از دو ماهواره می‌توان موقعیت یک جسم فرضی مانند کشتی که در یک سطح مشخص مثل دریا قرار دارد را به دست آورد. به‌طورمعمول از هر نقطه از زمین همواره ۹ ماهواره‌ی GPS قابل شناسایی است. گیرنده‌های GPS هیچ داده‌ای برای ماهواره ارسال نمی‌کنند. ماهواره‌های GPS اطلاعات لازم را با امواج رادیویی ۱/۱ تا ۱/۵ گیگاهرتزی ارسال می‌کنند.



ایستگاه‌های زمینی

محاسبه‌ی موقعیت ماهواره با حل عددی انجام می‌شود؛ اما حل عددی همواره با مقداری خطا همراه است. به‌منظور کاهش این خطا در ماهواره‌ها از حسگرهایی مانند ژیروسکوپ که در محاسبه‌ی موقعیت و وضعیت ماهواره کمک‌کننده هستند استفاده می‌شود. بااین‌وجود موقعیت محاسبه شده همچنان با خطا همراه است.

به‌منظور کاهش این خطای محاسباتی از ایستگاه‌های زمینی استفاده می‌شود. این ایستگاه‌ها با رصد ماهواره درزمانی که از بالای ایستگاه عبور می‌کند، موقعیت آن‌ها را اصلاح می‌کنند و درواقع نقطه‌ی شروع (شرایط اولیه) حل معادلات را با هر بار عبور ماهواره از آن موقعیت تعیین می‌کنند.

در حال حاضر ۳۱ ماهواره موقعیت‌یابی جهانی (GPS) در مدار زمین با ارتفاع ۲۶۵۵۹ قرار دارد و در ۶ مدار که هر مدار ۴ ماهواره قرارداد و با زاویه میل ۵۵ درجه و پریود ۱۲ ساعته در گردش‌اند. از این تعداد، سه ماهواره به‌عنوان پشتیبان هستند. هر ماهواره یک سیگنال GPS مشخصی را ارسال می‌کند که با امواج رادیویی و

در بخش مایکرویو طیف الکترومغناطیسی منتقل می‌شود. هر ماهواره GPS دو موج با دو فرکانس در باند امواج الکترومغناطیسی (L۱, L۲) ارسال می‌کند موج L۱ با فرکانس ۱۵۷۵ MHZ و موج L۲ با فرکانس ۱۲۲۷ MHZمی‌باشد.

گیرنده‌های گران‌قیمت هردو فرکانس را ردیابی می‌کنند و اختلاف ورودی بین L۱ و L۲ را اندازه می‌گیرند. مدت‌زمان تأخیری را محاسبه می‌کنند که الکترون‌های آزاد به وجود می‌آورند و تصحیحات لازم را برای تأخیر یونسفر انجام می‌دهند. گیرنده‌های شخصی نمی‌توانند تأثیر دخالت یونسفر را تصحیح کنند زیرا کدها فقط بر روی فرکانس L۱ فرستاده می‌شوند

معیارهای ماژول GPS

اندازه:

گاهی اوقات، محصول شما در اندازه جیبی طراحی شده است. هرچند ماژول‌های GPS کوچک موجود هستند اما کوچک شدن آنتن، بر روی زمان قفل (پیدا کردن ماهواره و اتصال به آن) و دقت تأثیر دارد.

نرخ به‌روزرسانی:

نرخ به‌روزرسانی یک ماژول GPS بیانگر این است که چقدر طول می‌کشد تا موقعیت جدید محاسبه و فرستاده شود. استاندارد اغلب دستگاه‌ها ۱ هرتز یا یک‌بار در ثانیه است. در کاربردهایی که نیاز به‌سرعت بالایی نیست، این نرخ قابل قبول است؛ اما در کاربردهایی مانند استفاده در هواپیما، به نرخ داده بالاتری نیاز است. نرخ‌های ۵ و ۱۰ هرتز نیز با قیمت پایین در دسترس هستند؛ اما این نکته را باید در نظر داشت که نرخ داده بالا، یعنی ارسال دیتای زیاد برای پردازشگر؛ بنابراین پردازشگر باید قادر به پردازش و مدیریت این حجم از داده باشد.

توان موردنیاز:

محاسباتی که در ماژول GPS صورت می‌گیرد، محاسبات سنگینی است و به همین خاطر توان زیادی مصرف می‌کند. علاوه بر این، برای محاسبه توان کل، باید توان مصرف‌شده توسط آنتن را نیز در نظر گرفت.

تعداد کانال:

ماژول جی‌پی‌اس در ابتدای راه‌اندازی نمی‌داند کدام ماهواره در دسترس قرار دارد. برای همین شروع به بررسی کانال‌های فرکانسی مختلف می‌کند تا ماهواره‌های موجود را شناسایی کند. هرچقدر تعداد کانال‌های یک ماژول

جی‌پی‌اس بیشتر باشد، در زمان کمتری ماهواره‌های موجود را پیدا می‌کند. پس از جست‌وجوی تمامی کانال‌ها و پیدا شدن ماهواره‌ها، برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، بقیه کانال‌ها خاموش می‌شود.

آنتن‌ها:

بسیاری از ماژول‌های GPS از آنتن‌های سرامیکی استفاده می‌کنند. این آنتن‌ها طوری طراحی و ساخته شده‌اند که فقط فرکانس ۱/۵۷۵۴۲ گیگاهرتز را دریافت کنند. تکنولوژی‌های دیگری برای آنتن وجود دارد اما به خاطر پیچیدگی مدارات تقویت‌کننده و فیلترها، هزینه تمام شده آن‌ها گران است.

دقت:

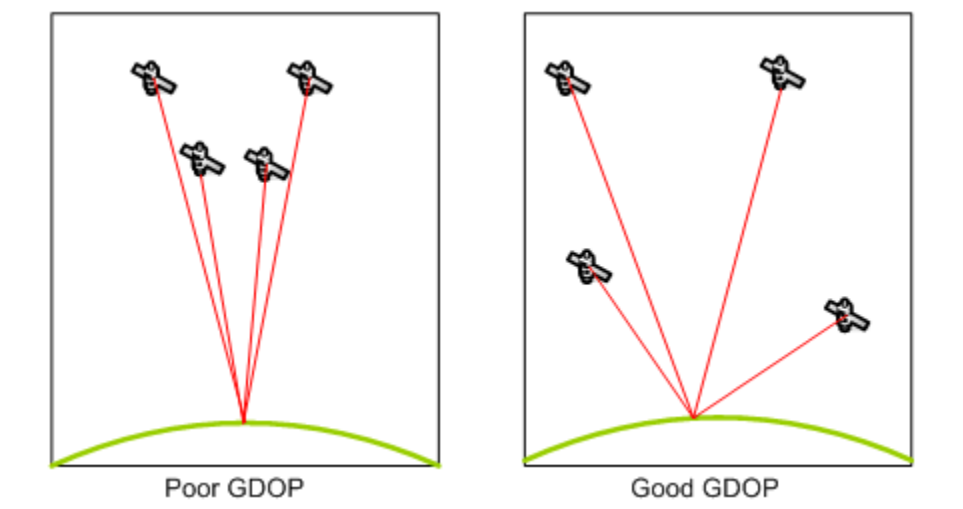
ماژول‌های GPS مختلف، دقت‌های مختلفی دارند و هرچه دقتشان بیشتر شود، قیمت آن‌ها نیز بیشتر می‌شود. دقتشان از حدود ۱۰± متر تا چند سانتی‌متر متغیر است.

عیوب GPS

۱. سیگنال‌های ماهواره‌ای GPS در مقابل سیگنال‌های تلفن بسیار ضعیف هستند، بنابراین در داخل خانه با دیواره‌های بتنی و ضخیم، زیر آب، داخل جنگل‌های انبوه و مانند این‌ها کار نمی‌کند.

۲. بالاترین دقت زمانی است که گیرنده و ماهواره در خط دیدمستقیم باهم قرار داشته باشند؛ بنابراین در فضاهای شهری سیستم GPS با دقت خیلی بالایی کار نمی‌کند.

هندسه ماهواره‌ها با پارامتری به نام DOP سنجیده می‌شود و هرچه زوایای مثلث‌های ایجادشده، پس از ترسیم خطوط بین ماهواره‌ها، به ۶۰ درجه نزدیک‌تر باشد این پارامتر مناسب‌تر بوده و دقت تعیین مختصات افزایش خواهد یافت.



موقعیت نسبی ماهواره‌ها تأثیر مستقیمی بر دقت تعیین مختصات دارد

خطاهای GPS:

منابع بسیاری از خطاهای احتمالی وجود دارد که باعث کاهش دقت موقعیت‌های محاسبه شده توسط یک گیرنده GPSمی‌شود. مدت‌زمان انتقال سیگنال‌های ماهواره‌های GPS براثر تأثیرات جوی تغییر می‌کند. زمانی که یک سیگنال GPS از یونسفر و تروپسفر عبور می‌کند دچار انکسار یا شکستگی می‌شود؛ که این خود باعث تغییر سرعت سیگنال نسبت به فضا می‌شود. منبع دیگر خطا نویز یا اعوجاج سیگنال است که موجب تداخل الکتریکی یا خطاهای داخلی در دستگاه گیرنده می‌شود. اطلاعات مربوط به مدارهای ماهواره همچنین باعث اشتباه در تعیین موقعیت‌ها خواهد شد، زیرا ماهواره‌ها واقعاً جایی نیست که گیرنده GPS بر اساس اطلاعاتی که در هنگام تعیین موقعیت‌ها دریافت می‌کند، "فکر می‌کند" است. تغییرات کوچکی در ساعت‌های اتمی نصب‌شده روی ماهواره‌ها می‌تواند مساوی با خطاهای بسیار بزرگی در محاسبه موقعیت باشد. به‌طوری‌که یک خطای در حد ۱ نانوثانیه می‌تواند باعث ایجاد خطا به اندازه یک فوت یا ۳ متر برای کاربر روی کره زمین شود .زمانی که سیگنال ارسالی از ماهواره قبل از اینکه به آنتن گیرنده GPS برسد با یک سطح بازتاب‌دهنده برخورد کند یک رخداد چندگانه اتفاق می‌افتد. در این مواقع گیرنده GPS علاوه بر سیگنال اصلی، سیگنال‌های متعدد دیگری از زوایای دیگر هم دریافت می‌کند که این خود خطایی بزرگ برای تعیین موقعیت ایجاد می‌کند.

ITC

مرکز تربیت مربی فنی و حرفه ای