



نوآوری‌های علمی تازه در نسل جدید گیرنده‌های

GPS

نویسنده: مهندس عباسعلی صالح آبادی
عضو هیأت علمی دانشکده نقشه‌برداری

مغز رایانه‌ای کوچک عمل می‌کند که تمامی فعالیت‌های مشاهده‌ای و محاسباتی در گیرنده را کنترل می‌کند.

از جمله توانایی‌های این چیب رایانه‌ای دریافت امواج L1 و L2 کدهای C/A و P از ماهواره‌های GPS و Glonass است. سیستم Glonass که همان سیستم ناوبری ماهواره‌ای روسها می‌باشد، همانند سیستم GPS جهت تعیین موقعیت و ناوبری روی زمین استفاده می‌شود. این سیستم دارای یک سری اختلاف‌های اساسی نسبت به سیستم GPS است، از آن جمله که خطای S.A یا (Selective Availability) که جهت تضعیف تعیین موقعیت با سیستم GPS ارسال می‌گردد در مورد سیستم ماهواره‌های Glonass اجرا نمی‌شود. همچنین در سیستم Glonass کد P که روی امواج حامل L1 و L2 ارسال می‌گردد مخفی نمی‌باشد بنابراین دقت تعیین موقعیت مطلق با این سیستم در حدود ۳۰ متر است و نسبت به سیستم GPS در شرایط بحرانی دقیق‌تر است در حالی که دقت تعیین موقعیت مطلق با سیستم GPS در شرایط ایده‌آل ۲۰ الی ۳۰ متر ولی در وضعیت‌های بحرانی به ۱۰۰ متر می‌رسد. در بعضی از مناطق کوهستانی همانند دره‌های عمیق و مناطق شهری با وجود آسمان خراشهای بلند و در زیر درختان انبوه کارایی سیستم GPS کاهش می‌یابد. زیرا در اثر غروب یکسری از ماهواره‌ها باعث موانع در تعیین موقعیت با GPS اختلال ایجاد می‌شود از آنجایی که Glonass سیستم قرار است ۲۴ ماهواره به ترکیب ۲۴ ماهواره GPS اضافه کند بنابراین با ترکیب این دو سیستم کارایی سیستم توأمی که بوجود می‌آید و نام سیستم GPS/Glonass معروف است بالا می‌رود.

هنگامی که ماهواره جدید Glonass به ترکیب ماهواره‌های سیستم GPS اضافه شوند در موقعیت عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی و با زاویه ارتفاعی ۱۰ درجه می‌توان ۹ ماهواره را برای ۹۵ درصد از زمان مفید اندازه‌گیری‌ها رویت کرد. این موضوع در امر تعیین موقعیت لحظه‌ای

هنگامی که در سال ۱۹۸۶ میلادی ماهواره‌های GPS در فضا قرار گرفتند هیچکس تصور نمی‌کرد که این سیستم بتواند به این سرعت در عرصه فعالیت‌های نقشه‌برداری گوی سبقت را از روشهای سنتی و کلاسیک (همانند مثلث‌بندی و پیمایش) بریابد. از آن سال تاکنون تقریباً دو نسل از گیرنده‌های سیستم GPS ساخته شده‌اند. ولی با پیشرفت تکنولوژی و دانش بشری در زمینه ساخت رایانه‌های دقیق محاسباتی در ابعاد کوچکتر و با سرعت پردازش بیشتر موجب شد تا نسل جدید گیرنده‌های GPS نسبت به گیرنده‌های قدیمی اولاً از نظر حجم و ابعاد کوچکتر و سبکتر باشند. ثانیاً از نظر کارایی و ذخیره‌سازی اندازه‌گیری‌های ماهواره از توانایی و قدرت بالاتری نسبت به گیرنده‌های قدیمی برخوردار شوند. با توجه به این موضوعات نسل جدید گیرنده‌های GPS که از سال ۲۰۰۰ میلادی به بازار فروش عرضه می‌شوند از این توانایی‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری بطور وسیع و با کارایی فوق‌العاده برخوردار هستند. این گونه گیرنده‌ها علاوه بر کوچکی حجم و سبکی وزن از توان پردازش اولیه بالایی در زمینه تهیه اطلاعات موقعیت برخوردارند. این گونه گیرنده‌ها توان ذخیره‌سازی اطلاعات در حافظه اصلی تا ۱۶ مگابایت را دارا هستند. همچنین آنها می‌توانند در آن واحد بطور همزمان تمامی اطلاعات ارسال شده روی فرکانس‌های حامل L1 و L۲ را دریافت کنند. بنابراین با چنین گیرنده‌هایی می‌توان در مدت زمان بسیار کوتاهی (حدود ۱۰ دقیقه) به همان دقتی رسید که گیرنده‌های قدیمی در زمان مشاهده‌ای حدود ۳۰ دقیقه بدان می‌رسیدند. از جمله ابداعات بکار رفته در نسل جدید گیرنده‌های GPS ابداع یک چیب رایانه‌ای (IC) است که با قدرت فوق‌العاده توان حذف خطاهای سیستماتیک مؤثر بر اندازه‌گیری‌های GPS را دارا می‌باشد و امکان تعیین موقعیت مطلق دقیق را برای گیرنده‌های جدید GPS فراهم می‌سازد. این چیب رایانه‌ای که بنام (Paradigm chip) معروف شده است همانند یک

اما در ژئودزی بوسیله سیستم GPS امکان کالیبراسیون گیرنده وجود ندارد، بدان جهت که فرضاً ما بتوانیم گیرنده را کالیبر کنیم که این کالیبراسیون تحت یک شرایط ایده آل انجام خواهد گرفت ولی پس از آن بایستی گیرنده را در یک شرایط غیر ایده آل و غیر قابل پیش بینی بکار برد. از طرف دیگر این خطا در مدت زمان طولانی قابل رؤیت نیست، بعنوان مثال یک ایستگاه GPS در یک شبکه میکروژئودزی طراحی شده برای پیش بینی زلزله را در نظر بگیریم، این ایستگاه ممکن است در اثر تغییر شرایط ایده آل حامل چندین میلی متر خطا باشد، که در این حالت یک شبکه کنترلی آلوده به خطا خواهیم داشت که برای سالهای متعددی خطاهایش پنهان می ماند. این وضعیت بروز خطا را می توان حتی در کاربردهای GPS و ژئودزی نیز تصور کرد.

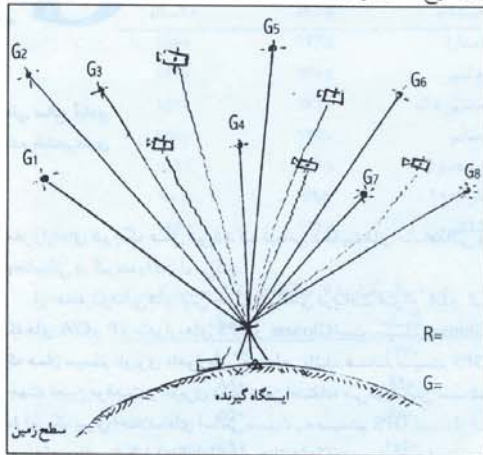
نتیجه آنکه اجرا و بکارگیری مشخصات فنی تعریف شده برای اجرا سیستم GPS یک سری خطاهای مخفی را در خود نگه می دارد که با وجود آنها مقایسه بین نتایج سیستم GPS بسیار مشکل است. از طرفی پیش بینی و کشف شرایط غیر ایده آل و غیر عادی برای تعیین موقعیت با سیستم GPS کاری بس مشکل است. بنابراین در ساخت گیرنده های GPS بایستی مشخصات فنی آنها بگونه ای ساخته شوند که این گونه گیرنده ها مجهز به اطلاعات لازم جهت غلبه بر شرایط بد و غیر ایده آل در لحظه اندازه گیری ها باشند. در گیرنده های نسل جدید GPS روی این گونه اطلاعات جهت غلبه بر اثرات ناشی از تغییر شرایط ایده آل در لحظه های اندازه گیری تأکید فراوان شده است. این اطلاعات می تواند در زمینه بهبود سیگنال های دریافتی از ماهواره در شرایط بدمحیطی و همچنین در زمینه ارتقاء کیفیت داده های مختصاتی GPS مناسب باشد.

از توانایی دیگر این نوع چیپ رایانه ای جدید در ایجاد سطح جدید کیفیت امواج جهت تعقیب و دریافت فرکانس حامل ماهواره های GPS زمانی که خطای عمدی آنتی اسپوفینگ (Anti-Spoofing) توسط ایستگاههای کنترل برای اندازه گیری های زمینی ارسال می گردد. همانطور که می دانید ارسال امواج پرازیت شکل آنتی اسپوفینگ موجب نابودی و ضایع شدن کد P روی امواج حامل L1 و L2 می شود که با ابداع علمی بکار رفته در این نوع چیپ رایانه ای می توان تا اندازه ای از اثرات مضر این نوع امواج روی تعیین موقعیت مطلق با گیرنده های نسل جدید GPS جلوگیری کرد.

توانایی دیگر این چیپ در اجرا و بکارگیری کد C/A ارسالی بر روی موج حامل L2 است. چون طبق قرائن موجود امکان آنکه بتوان در آینده نزدیک این کد را روی موج دوم نیز دریافت کرد بسیار زیاد است. این چیپ رایانه ای دارای ۶ کانال مخابراتی مجزا با طیف وسیع باند مخابراتی است که دارای نرخ بالا در دریافت داده های مخابراتی هستند. این کانال های مخابراتی در دو نوع باند فرکانسی یکی باند فرکانس حلقوی بقدرت ۶۴ کیلو بایت در ثانیه و دیگری باند فرکانس مستقیم به قدرت ۳۲ کیلو بایت در ثانیه فعال هستند. همچنین در این چیپ رایانه ای از تکنیک مخابراتی طیف وسیع (Spread Spectrum) که در مقایسه با زمان مرجع ماهواره ها (زمان GPS) از هم زمانی کامل برخوردار است، استفاده می شود. از طرف دیگر در پارادایم چیپ سیستمی وجود دارد که اطلاعات دریافتی از ماهواره های

کینماتیک به روش RTK بسیار نقش اساسی دارد و در امر حذف ابهامات فاز حامل (امبوی تی) در اندازه گیری های دقیق فاز بسیار با اهمیت است. همچنین انتظار می رود که با اضافه نمودن ماهواره بلوک ۳ به سیستم ماهواره های GPS توانایی ارسال کد C/A بر روی موج دوم را نیز در نظر بگیرند یا آنکه احتمال می رود با پرتاب ماهواره های جدید امکان ارسال یک فرکانس سوم برای کاربردهای غیر نظامی تعبیه شود.

با توجه به این موضوع نسل جدید گیرنده های GPS با علم به این دو موضوع بگونه ای طراحی شده اند که بتوانند فرکانس سوم و کد C/A بر روی موج L2 را نیز دریافت کنند.



وضعیت رؤیت ماهواره های GPS/Glonass برای گیرنده های نسل جدید

۱) ناقص بودن دنیای اندازه گیری ها

اکثریت گیرنده های GPS دارای کارکرد عالی و زیبا هستند بجز هنگامی که شرایط اندازه گیری ها نامساعد می شود. ممکن است بدانید که اکثریت دستورالعمل ها و مشخصات فنی تحت شرایط مناسبی می توانند ۹۹/۹ درصد اطمینان در زمینه رسیدن به دقت های ۲ppm را در مدت زمان حدود یک دقیقه برای تعیین موقعیت با GPS ضمانت نمایند. همانطور که می دانیم دقت انجام تعیین موقعیت بوسیله روش استاتیک سریع (Rapid Static) تابع مدت زمان استقرار روی نقطه و شرایط ایده آل در اندازه گیری امواج ارسالی از ماهواره ها است. مسائل و مشکلاتی که در اجرا سیستم GPS بروز می کند بیشتر ناشی از خطاهای سیستم GPS است که در اثر بروز شرایط غیر ایده آل در حین اندازه گیری با سیستم وجود می آیند، که کشف این عوامل بسیار مشکل است. در عملیات ژئودزی با روشهای کلاسیک و سنتی همواره نقشه برداران قبل از شروع عملیات اندازه گیری دستگاههای نقشه برداری خویش را به روشهای خاصی کالیبره می کردند و حتی این کالیبراسیون برای شبکه ژئودزی نیز انجام می شد.

GPS را در مقابل اثر تداخل امواج یا Jamming محافظت می‌کنند.

بوسیله این سیستم می‌توان بطور همزمان از بروز جیمینگ بر روی هر 6 باند فرکانسی و مخابراتی موجود جلوگیری کرد. همچنین در زمینه حذف اثر خطای مالتی پت یا چندگانگی مسیر دریافت امواج GPS بوسیله آنتن گیرنده، این چیب مجهز به ابتکار جدیدی است که مانع از بروز اثر مالتی پت در هنگام پردازش اولیه داده‌های GPS می‌شود.

۲) سیستم CO-OP. Tracking

اصلی‌ترین عامل در تشخیص گیرنده‌ها از یکدیگر در واقع در چگونگی مشاهده و تعقیب ماهواره‌ها بوسیله گیرنده‌هاست. که این وظیفه بایستی تحت بدترین شرایط محیطی و در حین بدترین حرکات دینامیکی انجام گیرد. همچنین دیگر عامل در تشخیص گیرنده‌ها در زمینه کیفیت و نوع داده‌های دریافت شده بوسیله گیرنده‌هاست. بگونه‌ای که کیفیت دریافت داده‌ها بوسیله گیرنده کنترل پیدا نکند.

اما در زمینه تعقیب و ره‌گیری امواج ارسالی از ماهواره سه نوع حرکت دینامیکی وجود دارد.

۱- حرکت دینامیکی بواسطه حرکت ماهواره‌ها

۲- حرکت بواسطه حرکات دینامیکی گیرنده

۳- حرکت مربوط به رفتار دینامیکی نوسان‌ساز (ساعت) گیرنده. حرکت ناشی از رفتار دینامیکی ماهواره‌ها در مقایسه با دو حرکت ذکر شده فوق‌الذکر آرام‌تر و یکنواخت‌تر است. حرکت ماهواره در روز با دقت حدود چندمتر قابل پیش‌بینی و تخمین است. حتی اگر ما نتوانیم ماهواره را مشاهده کنیم و فقط به مقادیر پیش‌بینی شده از حرکت ماهواره‌ها بسنده کنیم، با اینحال اختلاف دقتی در حدود یک متر ایجاد می‌شود. که تأثیر چندانی در کار اندازه‌گیری و تعیین موقعیت با سیستم GPS ندارد.

دومین حرکت که مربوط به رفتار دینامیکی گیرنده‌هاست، تقریباً غیر قابل پیش‌بینی است و می‌تواند بسیار تند و ناگهانی باشد. این نوع حرکت را می‌توان با اندازه‌گیری داده‌های GPS (در صورت وجود ماهواره‌های قابل دید بوسیله آنتن گیرنده) از طریق روش پردازش نهایی یا Postprocessing و یا روش پردازش آنی یا Real Time محاسبه و تعیین کرد.

سومین حرکت که ناشی از تغییر رفتار و تغییر نوسان مربوط به ساعت گیرنده‌هاست، همانند حرکات مربوط به گیرنده‌های GPS کاملاً ناگهانی و غیر قابل پیش‌بینی است. این وضعیت هنگامی که ساعت گیرنده‌ها تحت تأثیر نوسانات و شوک‌های الکتریکی قرار داشته باشند، شدیدتر می‌شود. تغییر در رفتار ساعت گیرنده حتی زمانی که ساکن و بدون حرکت باشد نیز اتفاق می‌افتد. هنگامی که گیرنده GPS بر روی یک اتومبیل نصب است و در حال حرکت می‌باشد هر سه نوع حرکت فوق‌الذکر برای گیرنده وجود دارد و یک وابستگی مستقیمی بین توانایی در مشاهده ماهواره‌ها و قدرت امواج دریافتی از ماهواره وجود دارد.

اما مفهوم سیستم CO-OP. Tracking به معنی مشاهده حرکات دینامیکی گیرنده همراه با رفتار دینامیکی ساعت گیرنده جدا از مشاهده

حرکت دینامیکی مربوط به هر یک از ماهواره‌هاست. برای مشاهده حرکت دینامیکی گیرنده و مشاهده رفتار ساعت یا نوسان‌ساز موجود در گیرنده، در گیرنده‌های نسل جدید هنگام پردازش، قدرت تمامی امواج دریافتی از ماهواره‌ها با یکدیگر ترکیب می‌شوند و سپس در این پروسه پردازش ابتدا حرکات دینامیکی مربوط به گیرنده و ساعت گیرنده محاسبه و جبران می‌شود و آنگاه امواج حامل دریافتی از ماهواره‌ها بطور مجزا با توجه به قدرت و توان آنها که از هر ماهواره دریافت می‌شود، مشاهده و اندازه‌گیری می‌گردد. با این تکنیک می‌توان ماهواره‌های GPS را حتی هنگامی که گیرنده در زیر شاخ و برگ درختان قرار داشته باشد نیز مشاهده و امواج آنها را اندازه‌گیری کرد. بنابراین مشاهده و داشتن ماهواره‌های بیشتر در بدترین شرایط قرارگیری گیرنده بر روی زمین به مفهوم اندازه‌گیری اطلاعات بیشتر از ماهواره‌ها و ترکیب آنها با یکدیگر و در نهایت حذف و مدله کردن تمامی حرکات و رفتار دینامیکی گیرنده و رسیدن به تعیین موقعیت‌ها دقیق‌تر و بهتر است.

بعد از این مرحله نوبت به مرحله‌ای می‌رسد که بتوانیم حرکت یکنواخت و آرام ماهواره‌ها را با دقت بسیار خوبی پیش‌بینی و محاسبه کنیم و جهت این کار نیاز به دانستن قدرت و توان امواج دریافتی مربوط به هر یک از ماهواره‌هاست تا بتوان از طریق آن حرکات دینامیکی ماهواره‌ها را محاسبه کرد. استفاده از تکنیک انقلابی CO-OP Tracking نه تنها در مشاهده ماهواره‌ها با ارسال امواج ضعیف در زیر شاخ و برگ انبوه درختان گیرنده را یاری می‌کند بلکه برای گیرنده امکان مشاهده ماهواره در حین حرکات دینامیکی تند و ناگهانی در محیطی که تداخل امواج بطور مؤثر وجود دارد و نسبت سیگنال به نویز کاهش یافته است، را فراهم می‌سازد. اجرای تکنیک فوق می‌تواند مزایای ذیل را در برداشته باشد.

۱- ماهواره‌هایی که امواج حامل ضعیفی از آنها ارسال می‌شود بوسیله گیرنده با اجرا این تکنیک قابل مشاهده هستند.

۲- ماهواره‌ها را می‌توان در حضور تداخل امواج مختلف، مشاهده و اندازه‌گیری کرد. این مزیت جدا از ویژگی سخت‌افزاری تعبیه شده در گیرنده‌هاست.

۳- با اجرای این تکنیک خطای سایکل اسلیپ اتفاق نمی‌افتد، مگر آنکه ماهواره‌های زیادی در اثر وجود موانع امواج‌شان به گیرنده‌ها رسد و اصطلاحاً در افق آنتن غروب کنند. علت اصلی عدم بروز سایکل اسلیپ در مورد گیرنده‌هایی که از این نوع تکنیک انقلابی استفاده می‌کنند، آن است که اکثر سایکل اسلیپ‌های ایجاد شده در گیرنده ناشی از حرکات دینامیکی و شدید گیرنده و تغییر رفتار ساعت گیرنده است، همانطور که گفته شد این نوع رفتار و حرکات توسط ترکیب امواج تمامی ماهواره‌های مشاهده‌شده و اجرا تکنیک فوق‌الذکر قابل حذف است. همچنین اجرا این تکنیک انقلابی عامل مهمی برای مشاهده فرکانس امواج حامل L2 ماهواره‌ها در حضور و ارسال خطای آنتی اسپوفینگ (A.S.) است.

۴- با اجرا این تکنیک داده‌های اندازه‌گیری شده بوسیله گیرنده تا 10 dB بهبود می‌یابد که این امر ناشی از باریکتر شدن مدار ولوپ‌ره‌گیری

وقوع سایکل اسلیپ یا هر گونه قطعی در دریافت امواج ماهواره‌ها توسط گیرنده به نسبت ده به یک کاهش می‌یابد.

همچنین در این تکنیک پیشرفته و انتقالی امکان دریافت کد C/A بر روی موج حامل L2 در تمامی کانال‌های مربوط به گیرنده پیش بینی شده است.

۴) سیستم کاهش مالتی پت با پردازش امواج حامل

دو نوع تکنیک جهت کاستن از خطای مالتی پت بر روی امواج حامل دریافتی از ماهواره وجود دارد. اولین تکنیک استفاده از یک آنتن حلقوی مسدود شده است و دومین تکنیک پردازش سیگنال‌های دریافتی از ماهواره‌هاست. این دو تکنیک از نظر تئوری مستقل از یکدیگر هستند و هیچکدام از روشها نمی‌تواند جایگزین روش دیگر شوند. آنتن حلقوی مسدود شده می‌تواند از سیگنال‌های توأم با خطای مالتی پت که از اجسام پائین تر از افق آنتن منعکس می‌شود، بکاهد. اما هیچگونه اثری بر روی امواج توأم با مالتی پت منعکس شده از برج‌ها و ساختمانهای بلند یا درختان مرتفع که در بالای افق آنتن گیرنده قرار می‌گیرند، ندارد.

تکنیک دوم که به روش پردازش سیگنال‌های توأم با مالتی پت معروف شده است، هنگامی که فاصله مالتی پت کمتر از چند متر باشد این روش اثر کمی در کاستن آن اثر از روی امواج دریافتی ماهواره دارد. منظور از فاصله مالتی پت همان اختلاف فاصله بین امواج مستقیم از ماهواره به آنتن گیرنده از امواج منعکس شده از سطوح دیگر به آنتن است، صرف نظر از اینکه امواج منعکس شده از سطوحی باشد که در بالا یا پائین خط افق آنتن گیرنده قرار می‌گیرند.

متأسفانه اکثر امواج GPS ای که از اجسام واقع در بالای افق آنتن منعکس می‌شوند بوسیله آنتن‌های حلقوی مسدود شده قابل حذف نیستند ولی خوشبختانه این‌گونه امواج دارای فاصله مالتی پت بیشتر از چندین متر هستند که براحتی می‌توان اثر آنها را بوسیله تکنیک پردازش سیگنالی حذف کرد. پیشرفت‌های تکنولوژیکی بسیار در تکنیک پردازش سیگنال‌های رقومی، نقش بسزایی در بهبود و کاهش میزان خطای مالتی پت جهت فواصل مالتی پت کوتاهتر از چندین متر و حتی حذف تمامی خطای مالتی پت ناشی از فواصل مالتی پت بلندتر از چندین متر (در حدود ۳۰ الی ۳۰۰ متر) داشته است.

۴ - ۱) تکنیک آنتن‌های حلقوی مسدود

جهت کاهش خطای مالتی پت یکی از تکنیک‌های طراحی شده در گیرنده‌های جدید استفاده از آنتن‌های حلقوی مسدود شده است که دارای شیارهای معین با عمق مشخص هستند که عمق این شیارها بر روی آنتن حلقوی جهت دریافت امواج حامل L1 و L2 متفاوت است. ایجاد آنتن‌های حلقوی مسدود با ساخت و نصب یک برد PC در وسط شیارهای حلقوی آنتن که موازی با سطح تختانی آنتن قرار می‌گیرد، انجام می‌شود. این برد PC برای امواج L1 بصورت یک صفحه فلزی عمل می‌کند. بنابراین عمق مؤثر شیارهای آنتن جهت حذف اثر مالتی پت از روی امواج

امواج حامل منحصر بفرد از هر ماهواره GPS بطور مجزا است. و باعث باریکی باند فرکانس تا ۲ هرتز در مقایسه با مقیاس ۲۰ هرتز برای باند‌های فرکانسی گیرنده‌های قدیمی است.

۵- کیفیت سیگنال فرکانس‌های خروجی با اجرا این تکنیک بهبود می‌یابد، بدان جهت که تعقیب و ره‌گیری و مشاهده امواج ماهواره‌ها بوسیله سیگنالی که از ترکیب امواج تمامی ماهواره‌ها بدست می‌آید، انجام می‌گیرد.

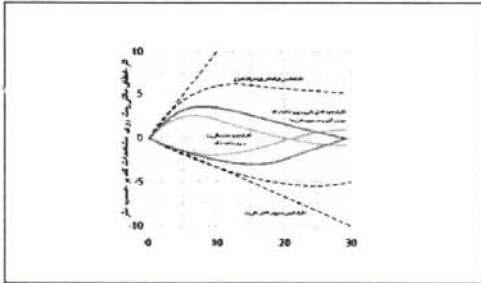
۶- دستیابی و توجه اولیه گیرنده جهت یافتن ماهواره‌هایی با سیگنال‌های ارسالی پایین (از لحاظ قدرت امواج دریافت شده) بسیار سریعتر از قبل با این تکنیک انجام می‌گیرد، بدین علت که رفتار دینامیکی و رفتار نوسان ساز (ساعت گیرنده) از وظیفه اصلی گیرنده در زمینه تعقیب و ره‌گیری و مشاهده امواج ماهواره‌ها، متفک و مجزا شده است و این دو کار مستقل از یکدیگر بوسیله گیرنده اجرا می‌گردد.

۳) سیستم GPS-L2 Tracking

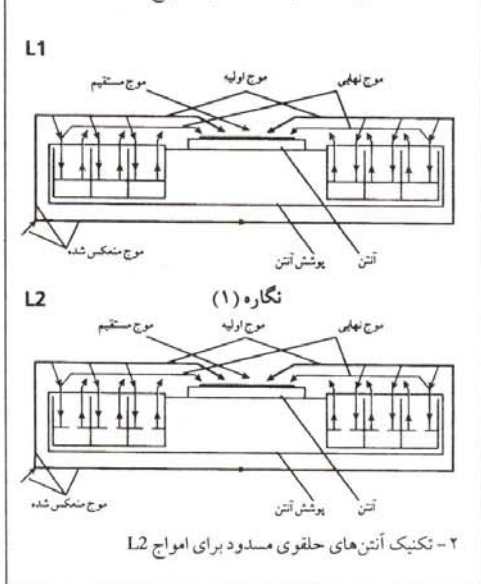
همانطور که می‌دانید موج حامل L2 ماهواره‌های GPS بوسیله کدی مسدوله می‌شود که اطلاعات آن برای استفاده کنندگان غیر نظامی و نقشه‌برداران قابل قبول و قابل دسترسی نیست. اما کاربردهای دقیق گیرنده‌های GPS به روشهای مختلف هندسی در فعالیت‌های نقشه‌برداری همچون ایجاد شبکه‌های ژئودزی درجه ۱ بستگی کامل و صد در صد به مشاهده موج L2 ماهواره در گیرنده‌های GPS دارد. از یک جهت برای ساختن کدی بر روی موج حامل L2 ماهواره که قابل استفاده و قابل دسترسی برای استفاده کنندگان غیر نظامی و نقشه‌برداران باشد توسط استفاده کنندگان و سازندگان گیرنده‌های GPS همواره مورد حمایت و طرفداری بوده است و از طرف دیگر محققین سیستم GPS سعی بر اختراع تکنیک‌هایی دارند که بوسیله آن بتوان موج حامل L2 را بدون نیاز به اطلاعات مربوط به کدی که روی آن سوار است (همانند کد P) مورد استفاده قرار داد. این تلاش‌ها اخیراً بسیار موفقیت‌آمیز بوده است. ولی تکنیک‌های بکار رفته در گیرنده‌های GPS امروزی جهت پردازش اطلاعات و تعیین موقعیت دقیق، وجود کدی بر روی موج حامل L2 را ضروری می‌داند، که امکان دریافت آن برای تمامی گیرنده‌های GPS وجود ندارد. تکنیک یا روشی که در گیرنده‌های نسل جدید گیرنده GPS مورد استفاده قرار می‌گیرد، بسیار پیشرفته‌تر از توانایی‌های موجود در گیرنده‌های قدیمی است. در این تکنیک پیشرفته در زمینه مشاهده موج L2 ماهواره از روشی استفاده می‌کند که ترکیبی از تکنیک انتقالی سیستم CO-OP Tracking است. بدین صورت که تمامی سیگنال‌های مورد قبول سیستم مزبور بوسیله قدرت و توان مخصوص به هر سیگنال دریافت می‌شوند و سپس آنها وزن دار می‌شوند و در نهایت بوسیله کاربرد این وزن اولیه از طریق یک روش انتقالی و خارق‌العاده، سیگنالی بوجود می‌آید که بعنوان سیگنال مرجع و پایه در فرآیند ره‌گیری و مشاهده امواج ارسالی از ماهواره‌ها استفاده می‌شود. در چنین وضعیتی و با چنین سیستمی احتمال

دریافتی، یک بخشی بعنوان آمپلی فایر یا تقویت کننده سیگنالهای ضعیف در داخل آنتن تعبیه شده است که وظیفه تقویت سیگنالهای ضعیف در مقابل نویزهای ارسالی به آنتن را دارد و به آمپلی فایر یا نویز پایین یا [LAN: Low Noise Amplifier] معروف است. بخش آمپلی فایر آنتن بایستی شامل فیلترهای مستقل و مناسب جهت دریافت مستقل هر یک از امواج حامل L1 و L2 باشد. عملکرد بخش آمپلی فایر (LAN) آنتن بایستی بگونه‌ای باشد که بتواند سیگنالهای مناسب L1 و L2 را در حضور سیگنالهای رادیویی قوی خارج از باند GPS دریافت کند.

بخش آمپلی فایر (LAN) آنتن گیرنده‌های نسل جدید GPS شامل یک



۱- تکنیک آنتن‌های حلقوی مسدود برای امواج L1



۲- تکنیک آنتن‌های حلقوی مسدود برای امواج L2

نگاره (۲)

L1 از بالای لبه شیارها تا جایی که برد PC قرار دارد، می‌باشد. اما عمق مؤثر برای کاهش اثر مالتی از روی امواج L2 از لبه بالایی شیارها تا کف شیارها می‌باشد. این روش کاهش اثر مالتی پت (در گیرنده‌های جدید) برای امواج حامل L1 و L2 در حدود 10 dB بهتر از روش حلقه‌های مسدود JPL است. در نگاره ذیل مقایسه بین تأثیر کاهش خطای مالتی پت بوسیله روش حلقه‌های مسدود و روش آنتن‌های معمولی روی اندازه گیری‌های کد، نشان داده شده است که نوسانات آن بین 15 dB+ است. همچنین در این نگاره اثر مالتی پت ناشی از سطح زمین نیز ترسیم شده است.

در نگاره (۳) خط نقطه چین نشان دهنده امواج دریافت شده با نسبت سیگنال به نویز پایین برای آنتن‌های حلقوی JPL مسدود است در حالی که خط توپر مشکی نشان دهنده کیفیت دریافت همان امواج بوسیله آنتن‌های حلقوی مسدود با برد PC است. مرکز الکترونیکی آنتن GPS که به مرکز فاز آنتن معروف است در واقع همان نقطه‌ای است که از طریق GPS موقعیت آن را تعیین می‌کنیم. بنابراین موقعیت ایستگاه زمینی همان موقعیت دریافت امواج ماهواره‌ای یا مرکز فاز آنتن است. برای تعیین مختصات یک نقطه بایستی مرکز فاز آنتن را از نظر موقعیتی دقیقاً بر روی مکان زمینی نقطه سانتراژ کنیم. این عمل بوسیله قرار دادن مرکز فیزیکی آنتن بر روی نقطه زمینی انجام می‌گیرد. در این حالت فرض بر این است که مرکز فیزیکی آنتن نشان دهنده همان موقعیت مرکز فاز آنتن است.

مرکز فاز آنتن با حرکت و تغییر موقعیت ماهواره به اندازه چندین سانتیمتر می‌تواند تغییر مکان کند. ثبات مرکز فاز آنتن یکی از خصوصیات و ویژگیهای اصلی در ساخت آنتن‌های GPS است. ثبات در مرکز فاز آنتن گیرنده‌های نسل جدید با در نظر گرفتن چهار نقطه تغذیه برای آنتن گیرنده حاصل می‌شود، که این حالت مینیمم شرایط مورد نیاز جهت با ثبات نگاه داشتن مراکز فاز آنتن گیرنده‌های نسل جدید GPS است.

از ویژگی‌های بسیار مهم آنتن‌های GPS توانایی در حذف امواجی است که اجسام واقع در ذیل خط افق آنتن منعکس می‌کنند. این چنین امواجی می‌تواند خطاهایی در حدود سانتی متر در کاربردهای دقیق گیرنده‌های GPS (همانند روش فاز حامل) برای تعیین موقعیت نقاط وارد کند همچنین انعکاس این گونه امواج و دریافت آنها بوسیله آنتن می‌تواند خطاهای در حد چندین متر در تعیین موقعیت بوسیله مشاهدات کد در روش سود و رنج با شبه فاصله ایجاد کند. به این ویژگی آنتن اصطلاحاً حذف مالتی پت یا Multipath rejection گفته می‌شود. برای داشتن یک حذف مالتی پت خوب بوسیله آنتن گیرنده GPS بایستی حتماً آنتن گیرنده بر روی یک صفحه فلزی تخت به شکل صفحه حلقوی مسدود قرار داشته باشد. که اصطلاحاً به این صفحه فلزی تخت گراند پلنت گفته می‌شود. البته بایستی توجه داشت که آنتن گیرنده GPS باید قادر باشد که تمامی سیگنال‌هایی که خارج از باند GPS به آنتن می‌رسد را حذف کند. (فرضاً بتواند امواج تلویزیونی و ایستگاههای رادیویی را نیز حتی حذف نماید). به این عمل آنتن حذف سیگنالهای خارج از باند یا اصطلاحاً out of bound گویند.

برای تقویت هر چه بیشتر این نوع بهبود و اصلاح در سیگنال‌های

۶) جویندگی لحظه‌ای و مجدد ماهواره‌ها

به این نوع تکنیک اصطلاحاً [Instantaneous Re-acquisition] گفته می‌شود. بواسطه وجود CO-OP Tracking سیستم در گیرنده‌های نسل جدید، قفل کردن مجدد به امواج ارسالی از ماهواره‌ها که یا ارتباط سیگنالی خودشان را با آنتن گیرنده از دست داده‌اند، برای گیرنده‌ها بصورت آسانی و لحظه‌ای خواهد بود این موضوع می‌تواند بدون توجه به از دست دادن پریود زمانی مشاهده Lock باشد و بدون بروز هیچگونه سایکل اسلیپی با تکنیک فوق‌الذکر امکان‌پذیر است.

۷) جویندگی و ره‌گیری ماهواره‌ها تحت شرایط بد

برای ره‌گیری و جویندگی سریع سیگنال‌های ماهواره تحت شرایطی که نسبت سیگنال به نویز ($\frac{S}{N}$) امواج حامل دریافتی در آنتن بسیار پایین و کسر $\frac{S}{N}$ کمتر از ۵۰ باشد، در گیرنده‌های جدید از یک الگوریتم خاص ریاضی استفاده می‌شود که بواسطه آن چگونگی دسترسی به سیگنال‌های ماهواره تقریباً بصورت مضربی از ده ($\frac{S}{N}$) بهبود می‌یابد، بدان معنا که ضریب اولیه کسر سیگنال به نویز ($\frac{S}{N}$) به این الگوریتم تقریباً ده برابر می‌شود. علت این امر از آن جهت است که جهت جویندگی و جستجوی انرژی ارسالی از ماهواره‌ها، انرژی طولانی‌تری در یک زمان مشخص صرف می‌گردد. و این موضوع برای زمانی است که هنوز گیرنده نتوانسته باشد نشان یا علامت مشخصی جهت تعیین هم‌زمانی سیگنال ماهواره‌ها پیدا نماید.

همچنین این تکنیک موجب ره‌گیری و مشاهده انرژی ارسالی ماهواره‌هایی می‌شود که تحت تأثیر شدید تداخل امواج رادیویی در محیط‌های چگیمگ قرار دارند.

۸) سیستم لحظه‌ای کینماتیک (RTK)

در گیرنده‌های نسل جدید یک حل قوی و قابل اطمینانی از ابهام فاز یا امبیوتی برای روش لحظه‌ای کینماتیک (RTK) بکار برده می‌شود که به نام حل امبیوتی در حین حرکت است که اصطلاحاً به (OTF (on-The-fly معروف شده است.

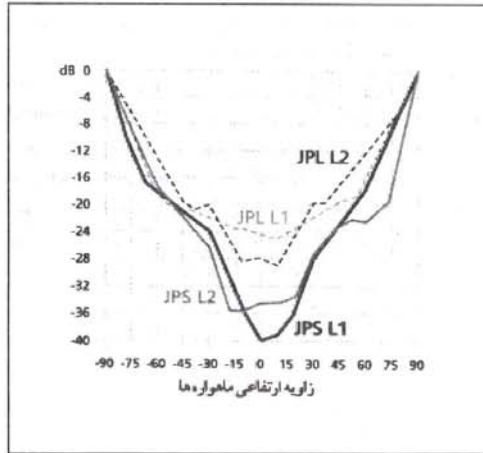
۹) دریافت امواج ماهواره‌های WASS و INMARSAT

گیرنده‌های مجهز به دریافت امواج ماهواره‌های سیستم WASS^۱ (که در ارتفاع ۳۶ هزار کیلومتری قرار دارند) و امواج ماهواره‌های سیستم GPS می‌توانند با دقتی در حدود ۲۰ الی ۳۰ متر تعیین موقعیت مطلق نمایند و پس از دریافت تصحیحات ارسالی از ماهواره‌های WASS که می‌تواند با دریافت امواج سیستم GPS هم‌زمان باشد موقعیت مطلق گیرنده‌های زمینی تا دقت حدود ۱ متر بهبود یابد.

این وضعیت برای دریافت تصحیحات ارسالی از ماهواره‌های ساکن INMARSAT نیز وجود دارد. □

پاورقی:

1) WASS: Area Augmentation system



نگاره (۳)

فیلتر سرامیکی مجزای برای هر یک از امواج L1 و L2 است که شکل نویز (پارازیت) آن برای هر کدام از فرکانس‌های L1 و L2 در حدود ۱ dB است.

۵) جویندگی سریع ماهواره‌ها

تمامی کانال‌های دریافتی موجود در چیپ پارادایگم شامل چهار کرولاتور (مقایسه‌گر الکترونیکی) هستند، که در حین جستجوی اولیه یا [Initial Acquisition] سیگنال‌های ماهواره، هر مقایسه‌گر الکترونیکی (correlator) که بطور مستقل در هر کانال L1 و L2 گیرنده GPS قرار دارد، بعنوان یک کانال جستجوکننده ماهواره‌ها عمل می‌کند. بنابراین در هر میلی ثانیه می‌توان جهت یافتن انرژی ارسالی از ماهواره‌ها وجود آنها را در ۱۶۰ چیپ C/A کد جستجو کرد.

این میزان توانایی حدود ۱۳ برابر سریع‌تر از هر نوع گیرنده قدیمی ۱۲ کاناله GPS است. تعداد ماکزیمم کانال‌های دریافتی در گیرنده‌های GPS نسل جدید در حدود ۲۰ کانال برای دریافت امواج L1 و L2 کانال هم جهت دریافت امواج L2 است.

از طرف دیگر وجود سیستم انتقالی CO-OP Tracking در گیرنده‌های نسل جدید می‌تواند از این سیستم در زمینه بهبود جستجوی اولیه ماهواره‌ها هنگامی که امواج رسیده به گیرنده ضعیف باشند، کمک گرفت. همچنین یک نوع الگوریتم ریاضی توسعه یافته‌ای جهت یافتن هم‌زمانی ماهواره‌ها و جستجوی انرژی آنها توسط آنتن گیرنده در طراحی و ساخت گیرنده‌های نسل جدید GPS ابداع و اختراع شده است. ترکیب دو نوع تکنیک الکترونیکی و نرم‌افزاری گفته شده در فوق کمک خواهد کرد تا جستجوی اولیه ماهواره‌ها بسیار سریع و خوارق‌العاده باشد.