روش تعیین موقعیت[1] DGPS

نگارش : مهندس عباسعلی صالح آبادی (کارشناس ارشد نقشه‌برداری)

پیشگفتار:

اگر موقعیت دقیق یک متحرک را خواسته باشیم، تعیین موقعیت مطلق (روشی است که با قرار دادن یک گیرنده برروی یک وسیله متحرک عمل تعیین موقعیت را انجام می‌دهد) نمی‌تواند دقتهای مورد نیاز ما رادر نقشه‌برداری و ژئودزی برآورده نماید. لذا مفاهیم اصلی تعیین موقعیت نسبی یا تفاضلی[2] قادر خواهد بود مشکل کمبود دقت در تعیین موقعیت متحرک فوق را برطرف نماید.

ایده اصلی این روش در بکارگیری یک گیرنده ساکن برروی یک ایستگاه ثابت با موقعیت معلوم است که موقعیت ایستگاه مزبور از قبل و از طریق دیگر روشهای نقشه‌برداری حاصل شده است. ایستگاه ثابت، نقش موقعیت مبناء و مرجع را برای تعیین مکان وسیله متحرک فوق ایفا می‌کند. آنتن گیرنده ساکن که روی ایستگاهی ثابت مستقر شده است، ماهواره‌هایی را مشاهده می‌کند که سایر گیرنده‌های در حال حرکت، در حال مشاهده آنها هستند. دقت موقعیت تعیین شده متحرک ذکر شده و دقت مختصات ایستگاه مرجع و رفتار ساعت گیرنده‌های متحرک و گیرنده ساکن به رفتار ساعت ماهواره‌های قابل رویت بستگی دارد. هرگونه اختلاف جزئی بین فواصل اندازه‌گیری شده از ماهواره‌ها و فواصل محاسبه شده بین گیرنده ساکن وگیرنده‌های متحرک و تغییرات در رفتار ساعت گیرنده‌ها و ساعت ماهواره (که در حد باقیمانده خطاهای اتفاقی است) به واسطه تغییرات ذاتی و خطاهای طبیعی است که در اطلاعات مداری و پارامترهای ساعت ماهواره و تأخیرات اتمسفریک وجود دارند. این اختلافها باعث تغییرات جزئی در موقعیت مکانی گیرنده ثابت و مرجع خواهد شد. این تغییرات و اختلافها باعث ایجاد انحرافات موقعیتی و تولید خطاهای فاصله‌ای[3] از ایستگاه ثابت به گیرنده‌های متحرک می‌شود که این تغییرات به وسیله یک ارتباط رادیویی آنی و لحظه‌ای به گیرنده‌های متحرک ارسال می‌گردد. تحقیقات انجام شده در این روش، حکایت ازکاربرد سهل و آسان تصحیحات و رسیدن به نتایج دقیق دارند.

کاربرد لحظه‌ای تصحیحات فاصله در روش تعیین موقعیت نسبی DGPS، باعث افزایش دقت و اعتبار این روش شده است. در شرایطی که خطاهای بزرگی همچون تأخیرات اتمسفریک و نوسانات غیرعادی رفتار ساعتهای ماهواره‌ها و اطلاعات مداری می‌توانند بر تعیین موقعیت نسبی و متحرک سیستم GPS تأثیرگذار باشند و کاربرد روش آنی و لحظه‌ای تصحیحات در روش تعیین موقعیت نسبی DGPS برای هدفهای دینامیکی برای ما دقتهای تعیین موقعیت حدود متر و بعضاً زیر متر را به ارمغان می‌آورد. در این روش تعیین موقعیت نسبی آنی و لحظه‌ای گیرنده ساکن با مختصات معلوم همانند یک شبه ماهواره یا (Pseudo Lite)[4] است که قادر است امواج وپیامهای کد دار شده‌ای مشابه کدهای ارسالی از ماهواره‌ها به گیرنده‌های متحرک ارسال نماید. مزیت عمده‌ای که در روش کددار نمودن اطلاعات و امواج ارسالی وجود دارد همان ممانعت از اندازه‌گیری طیف وسیع امواجی است که در فاصله بین شبه ماهواره و گیرنده‌های متحرک وجود دارند. از طرفی امواج ارسالی از شبه ماهواره در باند فرکانس طول موجهای GPS است یعنی در حد ۱ الی ۲ کیگاهرتز که به خط مستقیم در محیط منتشر می‌شوند. بنابراین از مفاهیم شبه ماهواره می‌توان برای کاربردهایی همچون نقشه‌برداری هوایی و فتوگرامتری استفاده نمود.

تعیین موقعیت آنی و لحظه‌ای DGPS

این روش تعیین موقعیت معمولاً جهت کاربردهای ناوبری است. در مقایسه با روش تعیین موقعیت نسبی پس از پردازش نهایی اطلاعات و تصحیحات (Post Processing)[5] بیشتر برای کاربردهایی همچون تعیین مکان دقیق یک متحرک کاربرد دارد. در بسیاری از حالتها با اضافه نمودن مقادیر موقعیتهای لحظه‌ای حاصل در محاسبات و پردازشهای نهایی، بهبود قابل ملاحظه‌ای از لحاظ دقت و اطمینان برای موقعیتهای اندازه‌گیری شده ◄

حاصل می‌گردد.

به هر حال تعیین موقعیت نسبی آنی و لحظه‌ای DGPS دارای دو مزیت ویژه است. یکی آن‌که این روش اطلاعات موقعیتی را فراهم می‌سازد که بلافاصله می‌توان از آنها استفاده کرد، لذا این روش می‌تواند یک روش ایده‌آل برای خلاصه نمودن و فشرده‌کردن داده‌ها و اطلاعات باشد. این مزیت واقعاً برای بعضی از روشهای سرشکنی همانند کالمن فیلترینگ لازم می‌باشد. در روش تبدیل خطاها به طریق کالمن فیلترینگ، حجم عظیمی از داده‌های سیستم تعیین موقعیت اینرشیال به همراه سیستم ماهواره‌ای مجبور می‌شوند تا در درون برداری به نام بردار وضعیت که دارای تعداد معدودی مؤلفه برداری و یک ماتریس واریانس کوواریانس به عنوان ذخیره‌ساز اطلاعات آماری است، فشرده و خلاصه شوند. بدون وجود فیلترهای محاسباتی از این نوع، یک سیستم اجرائی و کارآمد در ساختن و ذخیره‌سازی اطلاعات مورد نیاز خویش دچار مشکل و تردید خواهد شد. به هر حال نتایج آنی این نوع روشهای پردازشی می‌توانند به یک فرآیند پردازش نهایی (Post mission) برگردانده شود. از آنجائی که فیلترهای آنی و لحظه‌ای فقط می‌توانند از مجموعه داده‌های موجود در فاصله زمانی فیلترینگ استفاده نمایند، لذا برآوردها و تخمین حاصل از آن فرآیند نیز فقط برای زیرمجموعه داده‌هایی که در آن فاصله زمانی به کار برده می‌شوند مورد قبول و دارای اعتبار هستند. بنابراین نتایج بهتر نیز پس از پردازشهای نهایی به دست می‌آید، یعنی هنگامی که مجموعه کاملی از داده‌ها مورد قبول قرار گیرند (schwarz 1983).

این موضوع نیاز به ذخیره‌سازی نتایج متوسط و مناسب دارد، لذا چنانچه این ذخیره‌سازی آنی و لحظه‌ای (Real time) اطلاعات دریافتی انجام نپذیرد، روش تعیین موقعیت آنی و لحظه‌ای (Real time) باعث از دست دادن حجم زیادی از اطلاعات باارزشی خواهد شد که در تجزیه و تحلیل و پردازشهای نهایی داده‌ها مورد نیاز هستند. لذا ادغام اطلاعات آنی با داده‌های به کار رفته در پردازشهای نهایی جزء دومین مزیت از تواناییهای این نوع تعیین موقعیت (روش DGPS) آنی است. این چنین پردازش و تجزیه و تحلیل ادغامی اطلاعات آنی و اطلاعات ایستایی هم از نقطه نظر دقت هندسی و هم از نقطه نظر کشف اشتباهات و خطاهای عمده همانند سایکل اسلیپ (cycle slip)[6] (هرگونه قطعی در دریافت علائم ارسالی ازماهواره که حذفش در روش DGPS بسیار مشکل است) بسیار قابل اهمیت هستند.

ارتباط رادیویی داده‌ها در تعیین موقعیت متحرک

در این بخش تجهیزات و وسایل مورد نیاز جهت برقراری ارتباط مخابراتی در تعیین موقعیت نسبی برای هر دو روش ایستایی (استاتیک)[7] و روش متحرک (کینماتیک)[8] سیستم GPS را مدنظر داریم.

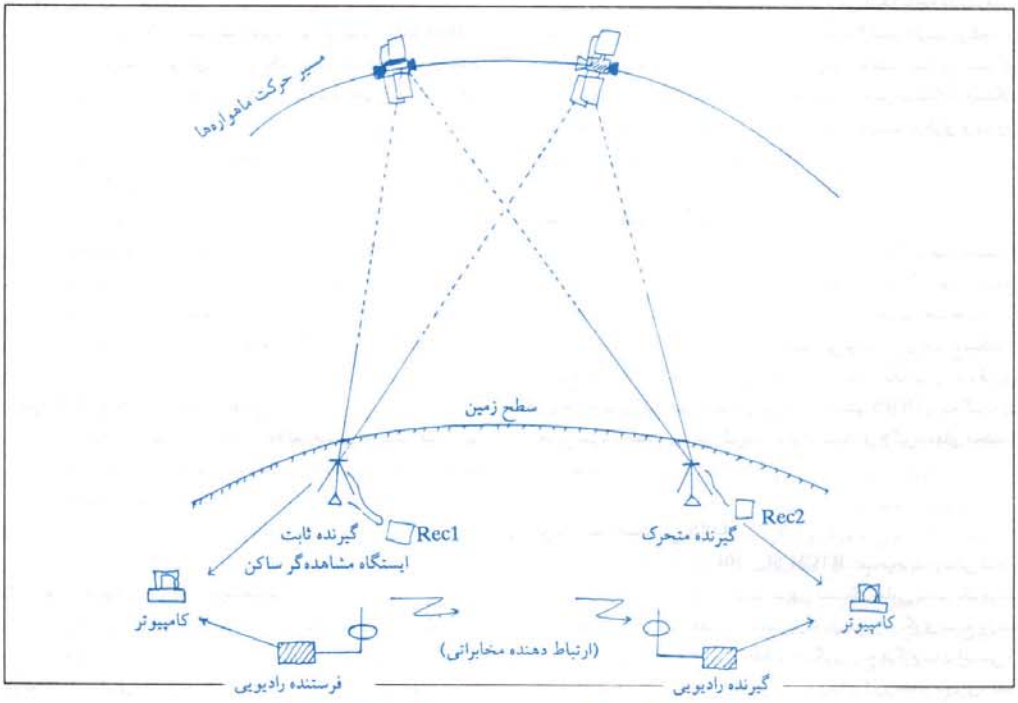
همراه باآن تجهیزات مورد نیاز برای برقراری ارتباط مخابراتی بین دو گیرنده عوامل اضافی دیگری نیز باید در نظر داشت که آنها نیز بسیار بااهمیت هستند، از جمله می‌توان به نوع تجهیزات مخابراتی مورد استفاده و نوع خدمات و ویژگی آنها، اشاره نمود. این عوامل، نیز تابع ملاحظاتی همچون حداکثر طول مسافتی که توان کاربری دارند و محیط و باند فرکانس انتشار امواج رادیویی و قیمت و خدمات مربوط به نگهداری و راه‌اندازی سیستم می‌باشد.

دراین بخش‌بیشترین توجه‌روی پیامهای تصحیح مربوط به GPS و نوع اطلاعات موجود دراین پیامها و تغییراتی که در پیامهای مختلف وجود دارد معطوف می‌شود. پیامهای تصحیح GPS به‌وسیله کمیته‌فنی‌و رادیویی، سرویسهای دریایی(RTCM SC-104)[9] تعیین‌وارائه‌می‌گردند.هرگونه تغییر روی انواع این پیامها و فرکانس‌های به هنگام شدهٔ آنها جزو عواملی هستند که روی‌اندازه‌وبهره داده‌های موجود درکانالهای مخابراتی مختلف تأثیر گذار است. **عوامل اضافی که باید حتماً در طراحی یک سیستم ارتباط دهنده مخابراتی در نظر گرفته شود شامل داشتن طرحی از انواع روشهای برقراری ارتباط رادیویی و مخابراتی موجود و امکان گرایش به سمت تکنولوژیهای توسعه یافته قدیمی، همانند امواج رادیویی با فرکانسهای بالا** (HF) **تا روشهای جدیدتری همچون انتشار مستقیم علائم‌به وسیله ماهواره‌ها یاکاناله کردن علائم وسیع طیفی وجود داشته باشد.** بنابراین اجزاء تشکیل دهنده ارتباط رادیویی و مخابراتی سیستم تعیین موقعیت نسبی DGPS هر دو ایستگاه ساکن مشاهده‌گر monitor[10] و ایستگاه متحرک (Remote)[11] را شامل می‌شود.

نیازهای روش تعیین موقعیت DGPS

هدف از به کارگیری ارتباط رادیویی و مخابراتی در روش تفاضلی DGPS، در حقیقت ارسال پیامهای تصحیح از ایستگاه ثابت مشاهده‌گر ساکن به ایستگاه متحرک و گیرنده آن در منطقه عملیاتی است. این گونه کاربردها ممکن است هم به عنوان روش ایستایی (static) و هم به عنوان روش کینماتیک (متحرک) طبقه‌بندی و به‌کارگرفته شوند. البته بسته به نوع حرکات دینامیکی، گیرنده‌های متحرک می‌توانند در روش DGPS به کارگرفته شوند. هرکدام ازکاربردهای فوق شرایط و محدودیتهایی را به ارتباط دهنده رادیویی تحمیل می‌کنند. در کاربردهای ایستایی، گیرنده مستقر در ایستگاه مجهول، متحرک نمی‌باشد بلکه در طی اندازه‌گیریها همانند گیرنده ایستگاه معلوم همواره ثابت و ساکن است. این روش دقت بسیار خوبی را برای تعیین موقعیت ایستگاههای زمینی فراهم می‌کند. **تحت این شرایط تصحیحات GPS بعد از ثبت تمامی اندازه‌گیریها در گیرنده و کامپیوتر و کاربرد نرم‌افزارهای مناسب در روش محاسباتی** Post Processing **(پردازش نهایی) محاسبه و اعمال می‌گردد.**

یا اینکه ممکن است پیامهای تصحیح به طور موقتی ذخیره شوند، و برای پردازشهای بعدی وارسال پیامهای تصحیح آنها را نگهداری نمایند، به همین دلیل در تمامی مراحل اندازه‌گیری نیازی به برقراری ارتباطات مخابراتی بین دو گیرنده ساکن معلوم و مجهول نمی‌باشد. بنابراین بهتر می‌توان از تمامی توان الکتریکی گیرنده‌ها برای ذخیره‌سازی حجم عظیمی از اطلاعات و اندازه‌گیریهای مربوط به فواصل بلند استفاده نمود. درکاربردهای کینماتیک (متحرک)، گیرنده‌های GPS برای تعیین موقعیت نسبی نقاط به کار گرفته می‌شوند. در این حالت‌گیرنده مزبور ممکن است در دست یک نقشه بردار، یا



نگاره (۱) اساس برقراری سیستم تعیین موقعیت تفاضلی DGPS

در داخل یک هواپیما، یا یک کشتی و یا هر وسیله نقلیه دیگری باشد. همواره انجام پردازش نهایی به روش (Post processing) با این نوع از داده‌های GPS که تقریباً برای ناوبری لحظه‌ای Realtime کاربرد دارد امکان‌پذیر نمی‌باشد. در این روش از تعیین موقعیت (DGPS) پیامهای تصحیح باید به طور پیوسته یا زمان بندی خاص، مسیری مستقیم را طی کنند و زمان پردازش گیرنده و زمان لازم برای به روز شدن پیامها و اطلاعات به وسیله حرکات دینامیکی کشتی و کنترل زمان بازگشت پیامها مشخص و تعیین می‌شوند. سیستمهای مخابراتی که ارتباط رادیویی بین گیرنده‌ها را برقرار می‌کنند، باید از نظر میزان بهره‌دهی توان الکتریکی و تجهیزات مورد نیاز جهت برقراری ارتباط رادیویی به گونه‌ای طراحی شوند که از اطمینان و آزادی عمل بیشتری برخوردار باشند.

■ نیازهای سیستم ارتباط دهنده مخابراتی (DATA link)[۱۲]

فرض ما بر این است که تمامی تعیین موقعیتهای نسبی به وسیله سیستم GPS با شرایط و استانداردهای تعیین شده سرویس RTCM SC-104 سازگاری و سنخیت دارد و هر کاربردی فراتر از این استاندارد حتماً امکاناتی اضافه بر دامنه خدمات‌رسانی این استاندارد می‌باشد.

در این جا ما به بررسی این نیازهای اضافی خواهیم پرداخت. این نیازهای کاربردی ویژه به چندین دسته و طبقه تقسیم می‌شوند که در ذیل به طور مختصر به هر یک از آنها اشاره‌ای داریم:

ـ فاصله

در عمل چه مسافتی از ایستگاه ساکن مشاهده کننده تا ایستگاه متحرک را می‌توان به کار برد؟ چه ارتباط و وابستگی میان وسعت باند کانالهای مخابراتی و فاصله، قیمت و تجهیزات الحاقی مخابراتی وجود دارد؟

ـ نوع خدمات رسانی سیستم

ممکن است ما انواع سیستمها و روشهای رادیویی و مخابراتی را جهت برقراری ارتباط انتخاب نمائیم که هر یک از آنها دارای محدودیتها و محاسن مربوط به خود هستند.

ـ زمان اجرای سیستم

ممکن است لازم باشد رابط رادیویی بین دو گیرنده (Data link) به طور پیوسته یا موردی و یا در یک مدت زمان معینی فعال باشند. نوسانات موظفی (duty cycle) به وسیله تجهیزات دقیق و قابل دسترس مربوط به تعیین موقعیت مشخص می‌گردند، و در کاربردهای کینماتیک با سیستم DGPS همانند کارهای هیدروگرافی به کار گرفته می‌شوند. بنابراین اجرای پیوسته سیستم در این گونه کاربرد مورد نیاز می‌باشد، در حالی که در کاربردهای ایستایی (Static) به تعیین مختصات‌های دوره‌ای و متوالی بیشتر نیازمند می‌باشیم. لذا زمان اجرای سیستم ممکن است به عنوان یک شرط اضافی لازم برای تنظیم نمودن نحوه ارسال داده‌ها از طریق رابط رادیویی بین گیرنده‌ها و فرستنده‌ها مورد نیاز باشند.

ـ شروط لازم جهت انتشار امواج

روشهای مختلفی جهت انتشار علائم رادیویی برحسب قیمت آنها، میزان اعتماد به سیستم و حداکثر فاصله مجاز برای اجرای سیستم و پیچیدگی تجهیزات الحاقی آن وجود دارند که با توجه به پارامترهای ذکر شده شامل محدودیت مختلفی خواهند شد.

شروط لازم برای حرکات دینامیکی

درجه آزادی جهت حرکت و نقل و انتقال گیرنده تاثیر بزرگی در انتخاب تجهیزات دارد. فضای کاربری تجهیزات ، تخلیه اطلاعات ، توانایی در تعقیب و ره‌گیری ماهواره‌ها به وسیله گیرنده و زاویه تقارب جهت دریافت امواج ارسالی توسط آنتن گیرنده از جمله عواملی هستند که باید حتماً درنظر گرفته شوند. حرکت گیرنده GPS متحرک، وظیفه دوره‌ای و رفت و برگشتی رابط رادیویی و مخابراتی را در ارسال تصحیحات اتمسفری مشخص و تعیین می‌کند.

بهاء و قیمت

چه رابطه‌ای بین پیچیدگی و تواناییهای سیستم باقیمت واحدهای آن وجود دارد، یا این که ارزش خسارات اجرائی ناشی از یک نقص فنی در دستگاه مخابراتی تا چه میزان می‌تواند باشد. یا این که در حال حاضر بدانیم چه تعداد قطعه در سیستم موجود است و آیا کاربرد تکنولوژی جدید سود معقولی را از لحاظ قیمت پروژه برای ما فراهم می‌سازد و یا خیر. آیا تکنولوژی جدید، سیستم مورد نظر را انحصاری می‌کند و آیا بدون تغییر قطعات سیستم، امکان بسط تکنولوژی آن جهت دستیابی به مزایای بیشتر وجود دارد.

خدمات دهی و نگهداری سیستم

مفهوم این بخش بدین معنی می‌باشد که در اجرای سیستم شرایط محدود کننده آن چه می‌باشند؟ آیا به تجهیزاتی برای آموزش ویژه نقشه‌برداران و یا مراقبتهای فنی ازگیرنده احتیاج می‌باشد؟ تا چه مدت زمانی انتظار دارید تا سیستم خدمات بدهد و فعال باشد؟ قصد دارید در کجا و چگونه سیستم مورد نظر تعمیر و معاوضه گردد؟ آیا قصد شما این است که تمامی سیستم و یا قطعات آن را منحصراً تعویض و تعمیر نمائید؟ آیا ایستگاه ثابت تشکیل دهنده سیستم شما بدون استفاده از سیستم دیگری و بدون کسب اجازه از کشوری قابل اجرا است؟

تعداد استفاده کنندگان

چه تعداد استفاده کننده از سیستم وجود دارند؟ آیا نیاز استفاده کنندگان سیستم کل فواصل کوتاه و بلند موجود بین ایستگاهها را شامل می‌شود؟ آیا سیستم فوق به سادگی قابل توسعه جهت جذب احتیاجات سایر استفاده کنندگا دیگر نیز هست؟ آیا در عمل می‌توانیم دو یا چند دستگاه از این نوع سیستم را در مقابل یکدیگر به کار گرفت، بدون آنکه نیازی به برقراری ارتباط مخابراتی بین آنها باشد؟ آیا می‌توان سیستم DGPS را به گونه‌ای تعدیل نمود که شعاع پوششی گیرنده ثابت آن شبکه‌ای از گیرنده‌های مختلف را تغذیه نماید.

فرمت تصحیحاتی GPS

طبق استانداردهای RTCM SC - 104، تصحیحات ارسالی شامل انتخابی از ۱۶ نوع پیام متفاوت است. بدیهی است که تمامی پیامها یک مرتبه ارسال نمی‌شوند و حتی بعضی از پیامها نیاز به بازبینی و بازنگری سریع دارند، در حالی‌که بخش دیگری از پیامها فقط به بازنگری و به هنگام شدن اساسی و کلی نیازمند هستند. به عنوان مثال برای ناوبرها و کاربردهای ناوبری، فقط اطلاعات مربوط به پیامهای نوع اول نیاز به بازبینی و بازنگری سریع دارند. میزان سرعت در به هنگام شدن اطلاعات بوسیله فرکانس اسمی منبع تولید کننده خطا معین می‌شود. خطای S.A. (عدم دسترسی به اکتساب اطلاعات دقیق) باعث ایجاد اشتباهات فاحشی در تعیین موقعیتهای ماهواره‌ای می‌شود. این خطا باعث تنزل دقت اطلاعات مورد قبول در معیار استانداردهای (RTCM SC - 104) می‌شود.

برای خطای S.A. در حد سه متر (که مناسب نیز می‌باشد) علائم ارسالی از ایستگاه گیرنده ثابت به ترتیب می‌توانند بین یک ششم ثانیه برای ۴ ماهواره و بین یک پانزدهم ثانیه برای ۱۱ ماهواره قابل رویت و دارای نوسان باشند. از آنجائی که دیگر پیامهای تصحیح می‌توانند در فواصل زمانی دقیقه به دقیقه در مقایسه با فاصله زمانی ثانیه‌ای ارسال گردند، بنابراین نوسانات پوشش دهنده تمامی داده‌های تصحیح، بیشتر از ۵ الی ۷۵ بایت بر ثانیه نخواهد شد. تصحیحات ارسالی GPS شامل دو کلمه (word) اصلی‌اند که هر کلمه را حدوداً از ۳۰ بایت تشکیل می‌شود. این کلمه‌ها با پیامهای تصحیح اصلی که ۱۶ نوع مختلف می‌باشند همراه هستند. دو کلمه تصحیح GPS فوق در انواع پیامهای تصحیح ارسالی شرکت دارند و اطلاعات موجود در هر یک از پیامهای تصحیح شامل مشخصه ایستگاه ثابت ، اطلاعات مربوط به زمان وطول پیامها است. البته این کلمات، نوع پیامها و پیامهایی که طولهای

مختلفی دارند و همچنین اطلاعات مربوط به سلامتی ایستگاههای ثابت را نیز شامل می‌شوند.

پیامهای تصحیح، حوزه وسیعی از اطلاعات مورد استفاده نقشه‌برداران و ناوبرها را نیز در بردارند. این پیامها همچنین دارای اطلاعات وسیعی در مورد موقعیت و سلامت ایستگاه ثابت مشاهده‌گر سیستم و سلامت ترکیب هندسی تمامی ماهواره‌های GPS در فضا و تصحیحات مربوط به مشاهدات مستقیم GPS (شبه فاصله) نیز می‌باشند. لازم به ذکر است که معمولاً پیام نوع اول بیشتر حاوی تصحیحات لازم برای مشاهدات واقعی شبه فاصله و اعمال به آنهاست.

پیام نوع دوم در بردارنده پارامترهای مداری جدید یا پارامترهای ساعت هستند که توسط ایستگاه مشاهده‌گر ثابت در سیستم DGPS معرفی و ارسال می‌گردند، که آنها نیز برای تقویت داده‌های پیام نوع اول به کار گرفته می‌شوند.

محتویات کلمه‌های ۱ و ۲

هر یک از دو کلمه راهنمای ارسالی از ایستگاه ثابت سیستم DGPS، دربردارنده اطلاعات مربوط به مشخصات ایستگاه ثابت و نوع پیامها و طول پیامهای تصحیح می‌باشند، زیرا هیچ یک از پیامهای تصحیح دارای طول مشابه نمی‌باشند، به گونه‌ای که حتی پیامهایی که از یک نوع هستند نیز دارای طول مساوی نمی‌باشند. همچنین وضعیت سلامت ایستگاه ثابت سیستم نیز جهت کنترل و اطلاع از آن به شکل چند جفت بیت تولید می‌گردد.

پیامهای نوع اول (Type 1 Message)

این نوع پیامها در واقع تصحیحات ابتدایی به مشاهدات شبه فاصله را فراهم می‌سازند. این پیام شامل ترمهای تصحیح (همانند تصحیح مربوط به تغییرات فاصله) است تا توانایی کاربرد تصحیح در هر زمان را داشته باشند.

اطلاعات زمانی جهت تعدیل فواصل ازدومین کلمه راهنما واقع در صدر پیامها حاصل می‌شوند. این پیامها همچنین شامل شماره ماهواره‌هایی است که تصحیحات برای آنها به کاربرده می‌شوند و همچنین شامل خلاصه وضعیتی از سلامت ماهواره‌ها، سن داده‌ها و برآوردهای مربوط به خطای فاصله ایستگاه ثابت تا گیرنده‌های متحرک نیز هستند. پیامهای نوع اول به طور جداگانه برای هر کدام از ماهواره‌های GPS ارسال می‌گردند.

پیامهای نوع دوم (Type 2 Message)

هنگامی که ایستگاه ثابت سیستم DGPS کاربرد داده‌های جدید ناوبری GPS را شروع می‌نماید پیامهای نوع دوم را برای گیرنده‌های متحرک ارسال می‌کند.

به عنوان نمونه زمانی که ایستگاه ثابت بعد از ارسال مجموعه‌ای از پارامترهای مداری و ساعت اقدام به ارسال مجموعه دیگری از پارامترها می‌کند، ارسال پیامهای نوع دوم انجام می‌پذیرد. اگر استفاده کنندگان سیستم در همان زمان مورد نظر پارامترهای جدید مدار و ساعت را دریافت ننمایند در آن صورت دریافت داده‌های موجود در پیامهای نوع اول برایشان بی‌فایده خواهد بود. بنابراین داده‌های موجود در پیامهای نوع دوم (پیامهای تصحیح) آماده استفاده به جای داده‌های موجود در پیامهای نوع اول برای گیرنده‌ای است که هنوز موفق به دریافت پارامترهای جدید مداری و ساعت نشده است.

روشهای مخابره اطلاعات

اکثر کاربردهای روش تعیین موقعیت DGPS ممکن است تنها یکی از سیستمهای مخابره اطلاعات را مجاز بدانند و روشها و سیستمهای مخابراتی دیگر ممکن است فوق‌العاده محدوده کننده باشند.

مشخصات اساسی چند روش و سیستم مخابراتی در ذیل نوشته شده است:

● انتشار امواج از زمین به زمین

در فرکانسهای پایین، ممکن است بتوانیم فاصله قابل اندازه‌گیری را تا صدها کیلومتر افزایش دهیم. در این روش موج مخابراتی برروی لایه‌های هوای واقع در نزدیکی زمین سوار شده و مسیر و فاصله مورد نظر را طی می‌کند. در این روش ممکن است که به آنتن‌های فرستنده بسیار بزرگی نیز نیازمند شویم.

● انتشار امواج از زمین به فضا

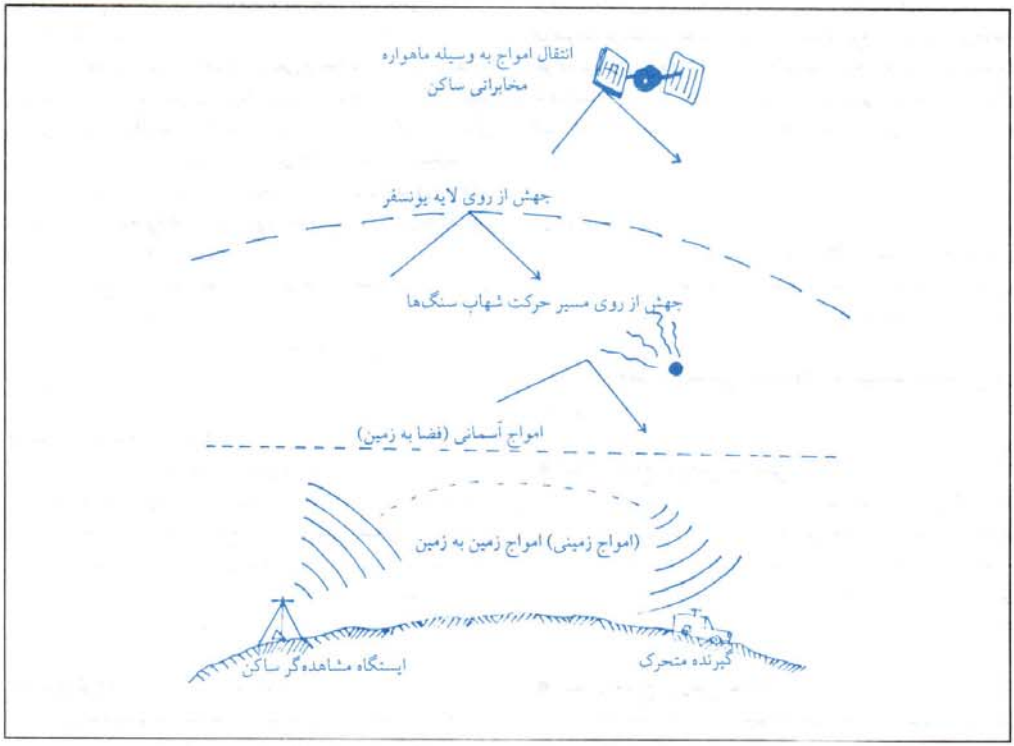
شامل امواج عبوری مستقیم و بازتاب شده از لایه یونسفر جو زمین است. این گونه امواج در باند فرکانسهای بالا (HF) هستندو ممکن است بتوان به وسیله آنها فاصله‌های بلند تا چند کیلومتر را اندازه‌گیری نمود و برای فرکانسهای بسیار بالاتر در حد (VHF) طول فواصل قابل اندازه‌گیری تا فواصل در حد دید افق کاهش می‌یابد.

● جهش یونسفری

در این روش ارسال امواج به صورت پراکنده بوده و در طول شب و روز و در فصول مختلف سال ثابت نبوده و تغییر می‌کنند. اختلافات فاصله قابل اندازه‌گیری به روش جهش امواج برروی لایه یونسفر جو بسیار بلندتر از اختلاف فاصله قراردادی حاصل از روش تفاضلی با سیستم GPS است. این روش از ارسال امواج مخابراتی جهت تعیین فواصل کوتاه زیر چند صد کیلومتر مناسب نمی‌باشد.

● جهش امواج از روی دنباله شهاب‌سنگها

یک روش جرقه‌ای برای ارسال پیوسته امواج مخابراتی و اندازه‌گیری فواصل بسیار بلند (در حد صدها کیلومتر) است.



نگاره (۲): انواع روشهای برقراری ارتباط مخابراتی توسط امواج رادیویی

● **ماهواره مخابراتی (ماهواره ساکن)**

در این روش از ارسال امواج مخابراتی ماهواره مزبور به عنوان یک دستگاه ارتباطی (رله) عمل می‌کند. از طرفی محدودیت‌های مربوط به توان الکتریکی موجود در باطریهای ماهواره ساکن موجب شده که کاربرد یگانه و انحصاری آن در اختیار استفاده کنندگانی باشد که در فاصله‌های دور از یکدیگر قرار دارند، منظور کسانی که با داشتن آنتنهای بشقابی جهت‌دار و هدایت کننده امواج، می‌توانند همواره با توجه به حرکت وضعی و چرخشی زمین به دور خود همراه با ماهواره مخابراتی مستقر در بالای منطقه مورد نظر در تماس و ارتباط باشند. از این جهت به این گونه ماهواره‌های مخابراتی و تلویزیونی ساکن در اصطلاح ژئواستشزی می‌گویند. البته پیش‌بینی می‌شود که نوع جدید این گونه ماهواره‌های مخابراتی به شکل غیرساکن به نام ماهواره‌های مخابراتی متحرک در سال ۲۰۰۰ میلادی به خدمت گرفته شوند.

■ **اختیارات سیستم**

در زمینه عملکرد و برقراری ارتباط مخابراتی سیستم به وسیله (Data Link) ملاحظات ذیل مد نظر می‌باشد:

۱) اجرای پیگی‌بک (Piggyback operation)

در این طریقه از سوار نمودن اطلاعات که به نام روش اجرای پیگی موسوم می‌باشد، پیامهای مربوط به تصحیحات تفاضلی GPS بر روی تعدادی ازپیامهای رادیویی درحال استفاده وکاربرد، اضافه می‌گردند.

۲) فرکانسهای امیدوارکننده (Frepuency hooping)

این تکنیک از این جهت به خدمت گرفته می‌شود که باعث اجتناب بعضی ازمحدودیتهای موجود در انتشار علائم رادیویی می‌گردد. این‌گونه سیستمها ممکن است در محدودهٔ فواصل قابل اندازه‌گیری دارای کارآیی باشند. همچنین در این سیستم امکان آن وجود دارد که گیرنده‌ها و اجزای دریافت کننده علائم رادیویی قابل تعویض و تغییر

نباشند. از طرفی سیستم ممکن است بسیار پیچیده و گران قیمت به نظر برسد ولی برای کاربردهای معمولی بسیارمناسب و قابل استفاده است.

۳) انتشار علائم از ماهواره

این روش برای ارتباطات مخابراتی مستقیم و در حال حرکت مناسب نمی‌باشد، اما همین سیستم ممکن است به عنوان شاخه‌ای از یک تکنیک ارتباط دهنده مخابراتی مجزا و منحصر به فرد در بعضی از کاربردها مورد نیاز باشد.

۴) پخش علائم به وسیله شهاب سنگ

یک‌سیستم‌تجاری قابل‌قبول به‌نام «پخش‌شهابی» است،بااین تفاوت که ممکن است در ابتدای امر به یک ایستگاه گران قیمت زمینی برای ارسال علائم رادیویی نیازمند باشد. به گونه‌ای که منطقه مورد نظر مخابراتی را تحت پوشش خدماتی رادیویی خویش قرار دهد.

۵) سیستم شبه ماهواره (Pseudo lite service)

با فرض این که هیچ‌گونه تداخل امواجی در کاربرد معمولی سیستم GPS اتفاق نیفتد، این سیستم می‌تواند در بعضی از کاربردها دارای جنبه‌های مفیدی باشد. به عنوان مثال در زمینه ناوبری‌های هوایی و یا به عنوان آخرین وسیله برای اندازه‌گیری فواصل بسیار بلند (Long - Range) قابل استفاده باشند.

برای هر یک از انتخابهای فوق باید بدانیم که آیا طراحی سیستم جهت استفاده از تصحیحات در پردازشهای آنی (Real time) است، یا این که جهت کاربری تصحیحات در پردازشهای نهایی Post processing است.

هرچند ممکن است سیستم به گونه‌ای طراحی شده باشد که مستقیماً پیامهای تصحیح را برای استفاده کنندگان تهیه نماید و یا این که امکان دارد بصورت یک سیستم ارتباط دهنده رادیویی (به عنوان رله) مورد بهره‌برداری قرار گرفته باشد.

اجزای سیستم

ایستگاه مشاهده‌گرساکن شامل یک گیرنده GPS، یک کامپیوتر برای محاسبه خطای موقعیتها و تشکیل پیامهای تصحیح و مُدِم (ارتباط دهنده کامپیوتر با فرستنده رادیویی مخابراتی) همراه با یک فرستنده ارسال علائم رادیویی با آنتن مخصوص و سیم رابط متصل کننده آنتن به فرستنده است.

کامپیوتر همراه با مُدِم باید شامل ذخیره‌ای از اطلاعاتی باشد که جهت رَوَند تصحیح خطاها در رابط مخابراتی (رله) نیاز می‌باشند. این روند تصحیح مازاد بر هر نوع روش ممکن در تصحیح خطایا یا روش کنترلی دیگری است که در درون پیامهای GPS ساخته می‌شود. از طرفی ممکن است نیازهای لازم برای بهره‌وری بهتر از سیستم امکان نقل و انتقال آسان ایستگاه مشاهده‌گر ساکن (گیرنده ثابت) را تقاضا نمایند.

این گونه حمل ونقل را می‌توان با قراردادن ایستگاه ساکن در داخل یک هلی‌کوپتر به خدمت‌گرفت و همچنین ممکن است لازم باشد که ایستگاه ثابت مشاهده‌گر بدون نیاز به عامل انسانی قابل اجرا باشد و یا این که به انتخاب یک فرستنده رادیویی نیازمند باشیم که بتوانیم به آسانی با تنظیم فرستنده، شبکه‌ای از استفاده کنندگان با گیرنده‌های متعدد و متفاوت را روی باندهای فرکانسیِ مختلفِ تحت پوششِ ارسال علائم قرار دهیم.

استفاده کنندگان متحرک

استفاده کنندگان و گیرنده‌های متحرک سیستم DGPS شامل تجهیزاتی از قبیل یک گیرنده GPS، یک کامپیوتر برای دی‌کد نمودن پیامهای تصحیح و ترکیب آنهابا پیامهای GPS، یک مُدِم، یک وسیله ارتباط دهنده مخابراتی یعنی رادیوی همراه با آنتن است. همچنین تأکید برروی معیارهای انتخاب تجهیزات مخابراتی باید براساس اعتماد و اطمینان ما روی اجرای سهل و آسان آنها و نیز براساس قابلیتهای موجود در ارائه خدمات توسط سیستم باشد. به طور ایده‌آل تمامی گیرنده‌های سیستم مزبور باید توانایی تعویض و جایگزینی با یکدیگر را داشته باشند. از طرفی ارزش سیستم برقرار کننده ارتباط رادیویی بین گیرنده ساکن و دیگر گیرنده‌های سیستم DGPS جهت کاربری باید تا حد ممکن ارزان قیمت باشد و محدوده کاربری‌های آن در حد شرایط ضمانت شده برای سیستم باشد. این قضیه زمانی اهمیت می‌یابد که نقص در تجهیزات مخابراتی موجب نقصان و شکست در اجرای مأموریتهای گران قیمت و بسیار بزرگ شود.

نیازهای استفاده از سیستم ممکن است محدودیتهای بیشتری را در انتخاب تجهیزات ایجاد نماید. این محدودیتها از این جهت مهم هستند که به وسیله آنها می‌توانیم به استانداردهای محدودکننده لازم در اجرای کاربریهای دینامیکی (مکانیک رفتاری حرکت اجسام) دست یابیم.

ازجمله کاربریهای دینامیکی سیستم می‌توان به کاربریهای سیستم در علم هواوردی ، حرکت پرتابه‌های کوچک، پوششهای دریای و نیز به کارگیری سیستم در مناطق قطبی نام برد.

به هر حال سیستم، تعیین موقعیت تفاضلی DGPS یکی از روشهای نو در زمینه بهره‌گیری از تواناییها و قابلیتهای ماهواره‌های تعیین موقعیت GPS می‌باشد که کارآیی خویش را در عرصه نقشه‌برداری فتوگرامتری جهت هدایت هواپیماها و تعیین مکان دقیق مراکز تصویر عکسها و همچنین در نقشه‌برداری هیدروگرافی جهت تعیین مکان دقیق مسیرها و نقاط عمق‌یابی به خوبی نشان داده است. □

پاورقی‌ها :

1) DGPS: Differential GPS Positioning System
2) Differential Positioning
3) Range misclosures
4) Pseudo lite = Psudo - satellite
5) Post processing تعیین موقعیت دقیق پس از پردازش کامل اطلاعات در کامپیوتر.
6) cycle slip هرگونه قطعی در دریافت علائم ارسالی از ماهواره که باعث بروز خطا در اندازه‌گیری فاصله‌های مورد نظر می‌شود.
7) static روشی برای تعیین موقعیت نسبی GPS که در آن هر دوگیرنده یکی روی ایستگاه معلوم و دیگری روی ایستگاه مجهول تا انتهای کار ساکن هستند.
8) Kinematic روشی در تعیین موقعیت نسبی GPS که در آن یک گیرنده متحرک و گیرنده دیگر روی ایستگاه یا طول معلوم تا انتهای کار ساکن است.
9) RTCM SC-104 Radio Technical Commission for Marine Services
10) monitor وسیله‌ای که برای برقراری ارتباط رادیویی بین دو گیرنده به کار می‌رود.
11) Remote گیرنده‌ای متحرک که به وسیله تفاضلی و در حین حرکت تعیین موقعیت می‌گردد.
۱۲) یک دستگاه رادیویی می‌باشد که پیامهای تصحیح اتمسفری را از گیرنده معلوم ساکن به گیرنده مجهول متحرک منتقل می‌کند.