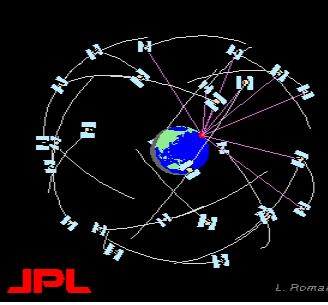
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

بنام خدا

جلسه یازدهم

روش های تعیین موقعیت
در ژئودزی ماهواره ای
و
سیستم تعیین موقعیت GLONASS

Global Positioning Systems



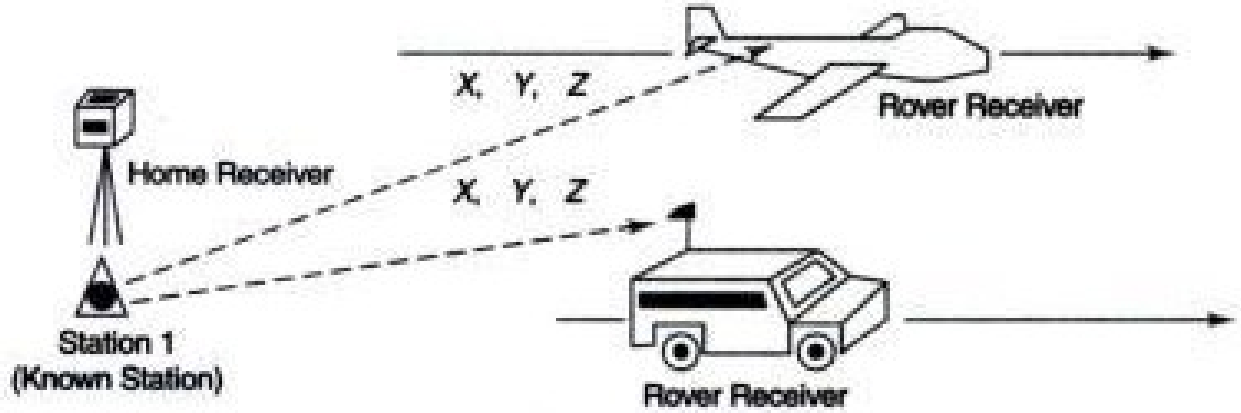
روش های تعیین موقعیت در ژئودزی ماهواره ای

- تکنیک های تعیین موقعیت در ژئودزی ماهواره ای را می توان به دو گروه عمده تکنیک های تعیین موقعیت مطلق و تکنیک های تعیین موقعیت نسبی طبقه بندی کرد. در دو جلسه گذشته نیز با مدل های ریاضی تعیین موقعیت با هریک از این دو روش به کمک مشاهدات فاز و شبه فاصله آشنا شدیم.
- روش های فوق را می توان به دو گروه کلی روش های استاتیک (مطلق و یا نسبی) و روش های کینماتیک (مطلق و یا نسبی) تقسیم بندی کرد. منظور از تعیین موقعیت استاتیک، تعیین موقعیت گیرنده ای ثابت و منظور از تعیین موقعیت کینماتیک تعیین موقعیت گیرنده ای متحرک است. شکل بعد ویژگی های تعیین موقعیت کینماتیک را در مقایسه با تعیین موقعیت استاتیک نمایش می دهد. به طوریکه خواهیم دید نکته کلیدی در امکان دستیابی به دقت های قابل قبول در تعیین موقعیت به روش های کینماتیک – روش هایی که مبتنی بر اندازه گیری هایی کوتاه مدت تر از اندازه گیری به روش استاتیک هستند- در حل پارامتر ابهام فاز پیش از شروع اندازه گیری ها است
- از نظر سرعت دسترسی به موقعیت نقاط، روش های تعیین موقعیت در ژئودزی ماهواره ای را می توان به دو گروه روش های آنی (Real Time) و غیر آنی (Post Processing یا Post Mission) طبقه بندی کرد. در روش های آنی تعیین موقعیت، موقعیت ایستگاه اندازه گیری بلافاصله پس از اندازه گیری معلوم است در حالیکه در روش های غیر آنی، دستیابی به موقعیت گیرنده مستلزم پردازش داده ها پس از انجام اندازه گیری است.

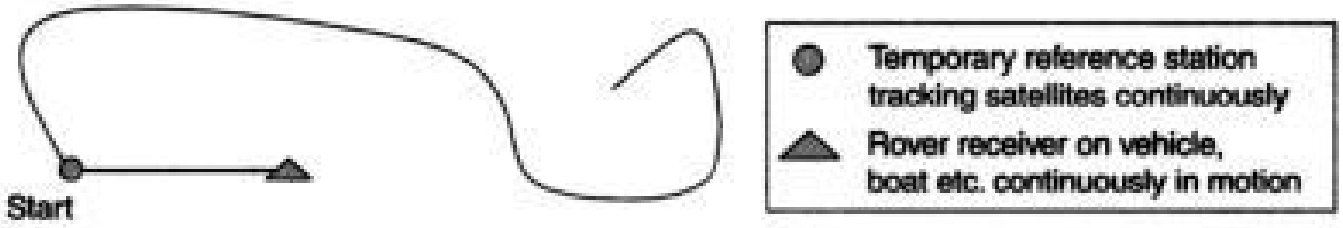
- روش های استاتیک و کینماتیک تعیین موقعیت از دو تفاوت مهم برخوردارند:

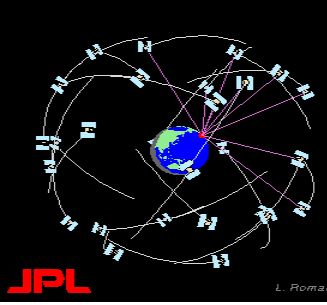
۱) مدت زمان اندازه گیری مورد نیاز در روش های استاتیک طولانی تر از مدت زمان اندازه گیری در روش های کینماتیک تعیین موقعیت است. در روش استاتیک متناسب با دقت مورد نیاز و طول بیس لاین ها معمولا این زمان از حدود ۳۰ دقیقه تا ۲۴ ساعت متغیر است در حالیکه این زمان در تعیین موقعیت کینماتیک از یک ثانیه تا چند دقیقه است.

۲) در روش استاتیک، جهش فاز قابل ترمیم بوده و یا اینکه حداکثر باعث افزایش تعداد مجهولات مدل ریاضی تعیین موقعیت می گردد در حالیکه در روش های کینماتیک جهش فاز عملیات تعیین موقعیت را مختل می کند.



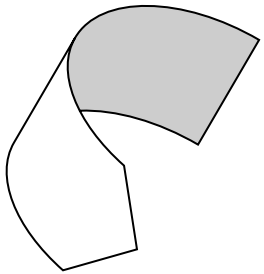
- Based on pseudo-range (lower precision) and/or carrier phase (higher precision) observations.
- Positions determined with respect to the fixed station.
- No intermediate stops required for moving receiver.
- Either real time or post-mission processing possible.

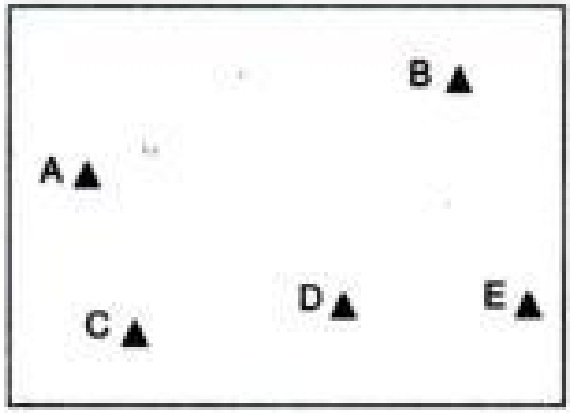


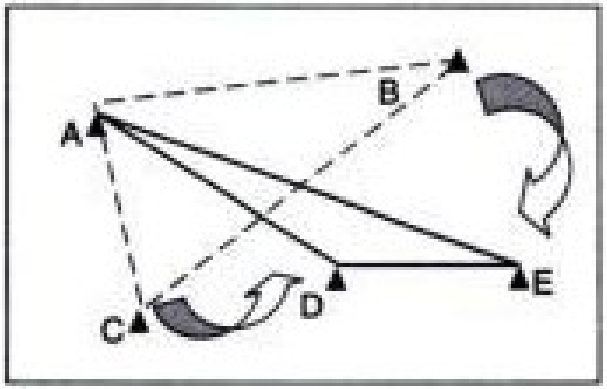


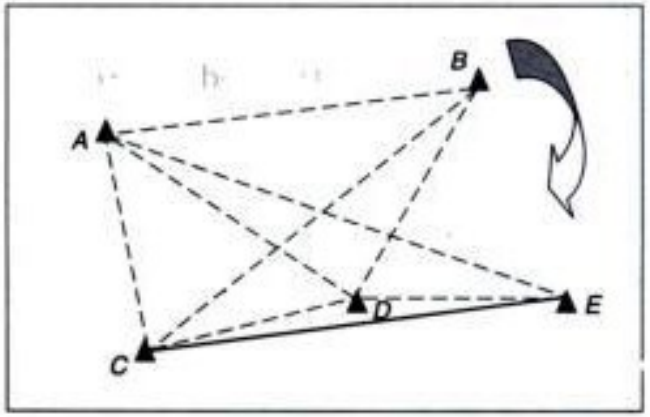
تعیین موقعیت به روش استاتیک

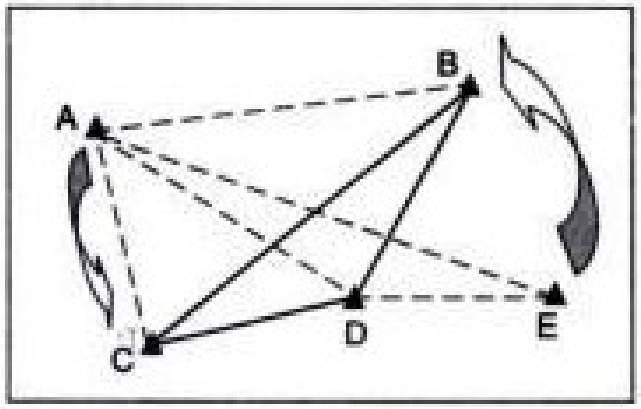
- این روش تعیین موقعیت نخستین روش تعیین موقعیت با این سیستم و همچنان پر کاربرد ترین روش تعیین موقعیت با آن محسوب می شود.
- به لحاظ دقت و در مقایسه با سایر روش های تعیین موقعیتی که مورد بررسی قرار خواهد گرفت، تعیین موقعیت استاتیک دقیق ترین روش تعیین موقعیت با GPS محسوب می شود. بطوریکه خواهید دید، این تفاوت در سطح دقت قابل انتظار از این روش به دلیل مدت زمان اندازه گیری زیادتر در این روش در مقایسه با سایر روش های تعیین موقعیت با GPS است.
- **روش اندازه گیری:** تعیین موقعیت نسبی به روش استاتیک متشکل از تعدادی گیرنده ثابت است که طی مدت تقریبا 30min تا چندین ساعت حداقل تعداد چهار ماهواره را ردیابی می کنند.در این روش به کمک حداقل دو گیرنده و به طور همزمان مشاهدات (ضربان) فاز و شبه فاصله به ماهواره های قابل دید در طول مدت اندازه گیری انجام شده، مشاهدات مربوطه پس از انداز گیری به صورت post mission پردازش می شوند. بنابراین، این روش تعیین موقعیت یکی از روش های غیر آنی تعیین موقعیت محسوب می شود.
- از این روش در تعیین موقعیت شبکه نقاط کنترل و به طور کلی در تعیین موقعیت دقیق استفاده می شود. متناسب با طول باز مورد نظر (اندازه شبکه) و مدت زمان اندازه گیری در این روش دقت تا زیر سانتیمتر را می توان انتظار داشت.
- **نقش هندسه فضایی:** چنانکه در مثال جلسه قبل ملاحظه شد، در اندازه گیری های طولانی مدت تر به این روش (مثلا ۲۴ ساعته) نقش هندسه فضایی سیستم در دقت نتایج به دلیل ردیابی ترکیب های متنوعی از هندسه بخش فضایی کم اهمیت است. با این وجود در صورت انجام اندازه گیری ها در بازه های زمانی کوتاه (مثلاً 30min) توجه به هندسه فضایی می تواند دستیابی به دقت های بهتر را ضمانت نماید.
- مراحل مختلف یک نمونه اندازه گیری شبکه ای متشکل از پنج ایستگاه به روش استاتیک در شکل بعد نمایش داده شده است.

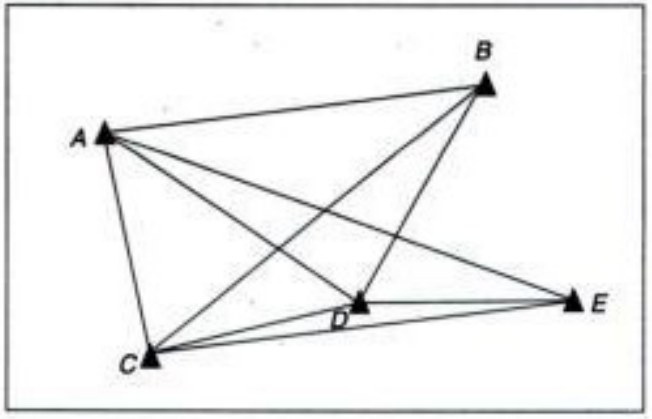


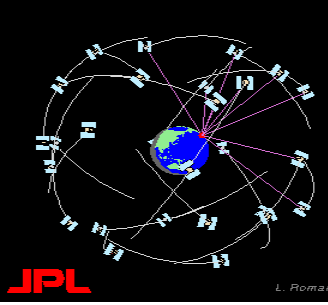

B
A
D
E
C


A
B
C
D
E


A
B
C
D
E

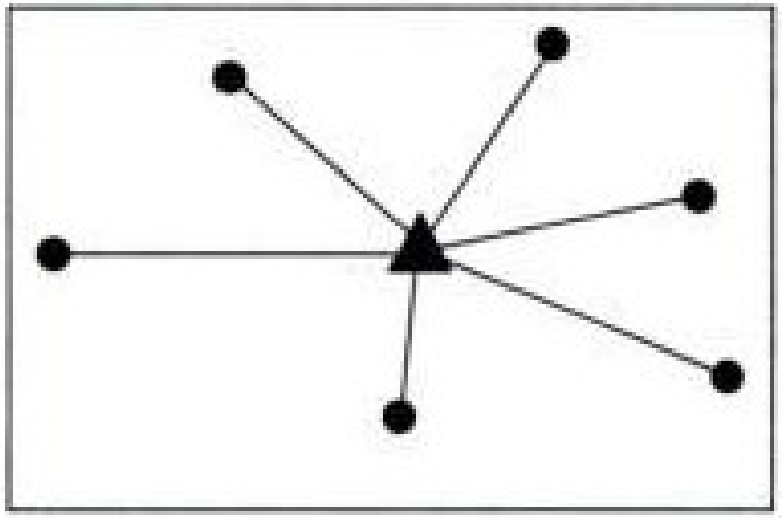

A
B
C
D
E


A
B
C
D
E



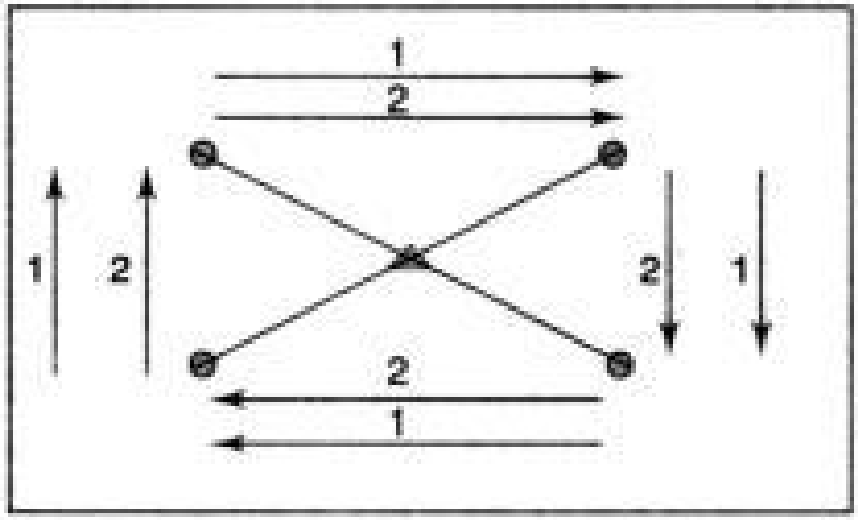
تعیین موقعیت به روش استاتیک سریع – شبه کینماتیک

- در این روش تعیین موقعیت با GPS سعی شده تا با مدت زمان اندازه گیری کوتاه تر (10 تا 20 دقیقه) به دقت های مورد انتظار در اندازه گیری به روش استاتیک (تا سانتیمتر) رسید. از این رو این روش تعیین موقعیت به روش استاتیک سریع (rapid static) و شبه کینماتیک (pseudo-kinematic) معروف است. استفاده از طول های باز کوتاه تر از یک طرف و حل سریعتر ابهام فاز از طریق ترکیب مشاهدات فاز و کد و یا استفاده از ترکیب wide-lane باعث کاهش مدت زمان مورد نیاز در این روش برای رسیدن به سطح دقتی قابل مقایسه با سطح دقت قابل حصول در روش استاتیک است.
- در این روش مدت زمان اندازه گیری مشابه قبل به طول باز مورد اندازه گیری و تعداد ماهواره های قابل دید (همچنین، هندسه بخش فضایی سیستم) بستگی دارد.
- **روش اندازه گیری:** یکی از گیرنده های مورد استفاده در نقطه مرجع (نقطه ای با موقعیت معلوم) مستقر و از یک یا چند گیرنده متحرک دیگر در اندازه گیری نقاط نسبت به این نقطه مرجع استفاده می شود (شکل بعدی را ببینید). به عبارت دیگر بیس لاین های تشکیل شده از ایستگاه مرجع و هر ایستگاه متحرک (rover) مستقلا پردازش خواهند شد. این موضوع ضرورت اطمینان از عدم حضور مشاهدات اشتباه در اندازه گیری را به خوبی روشن میکند: از آنجا که در سرشکنی هر بیس لاین به طور مجزا هیچ کنترلی بر روی خطاهای اندازه گیری وجود نخواهد داشت، ضروری است از عدم وجود مشاهدات اشتباه اطمینان حاصل کرد. یکی از راه های پیشنهادی برای این منظور استقرار مجدد بر روی ایستگاه های اندازه گیری است (شکل بعدی را ببینید).
- از این روش برای تکثیر نقاط کنترل استفاده می شود.
- نکته دیگر اینکه در استفاده از بیش از یک گیرنده متحرک، همزمانی ردیابی ماهواره ها در گیرنده های rover امکان تشکیل بیس لاین های جدید بین این نقاط و در نتیجه کنترل بهتر خطا های اندازه گیری را فراهم خواهد کرد.



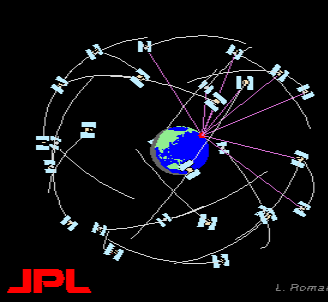
▲ = Temporary Reference Station Tracks Continuously

● = Roving Receiver Moves Point-to-Point, Short Observation Time with 4 or more Satellites.



⊗ Roving receiver moving and observing a few minute per point. Reoccupation after at least one hour.

▲ Temporary reference station, which tracks continuously.



تکنیک های مختلف تعیین موقعیت به روش کینماتیک

- تعیین موقعیت به روش کینماتیک به روش های مختلفی انجام پذیر است. این روش ها عبارتند از:

۱- روش متداول تعیین موقعیت کینماتیک (Common Kinematic)
۲- روش ایست – رو یا نیمه کینماتیک (Semi-Kinematic or Stop & Go)
✓ ۳- روش شبه کینماتیک یا استقرار مجدد (Pseudo-Kinematic): قبلا بررسی شد
۴- روش OTF (On The Fly) و LRK (Long Range Kinematic)
۵- روش های– ایستگاهی و شبکه ای – RTK (Real Time Kinematic) و روش DGPS (Differential GPS)

روش کینماتیک در تعیین موقعیت با GPS نخستین بار توسط Remondi در سال 1983 ابداع شد. تکنیک های مختلف کینماتیک در تعیین موقعیت مبتنی بر استفاده از فاز حامل (تنها مشاهده دقیق در دسترس کاربران غیر نظامی سیستم GPS) و حل پارامتر ابهام فاز پیش از انجام اندازه گیری ها است.

- روش های مختلفی برای حل ابهام فاز در تعیین موقعیت با هریک از این روش ها وجود دارد. متداول ترین تکنیک های حل ابهام فاز عبارتند از:

۱- استفاده از ترکیب Wide-Lane
۲- استفاده از ترکیب مشاهدات فاز و شبه فاصله
۳- استفاده از یک طول باز معلوم
۴- جابجایی آنتن ها
۵- استفاده از طول باز نا معلوم

- چگونگی حل پارامتر ابهام فاز با دو روش نخست در جلسه قبل مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه ضمن معرفی چگونگی حل ابهام فاز به کمک یک طول باز معلوم، حل ابهام فاز با یک طول باز نامعلوم و روش جابجایی آنتن ها و تکنیک های مختلف تعیین موقعیت به روش کینماتیک بررسی خواهند شد.

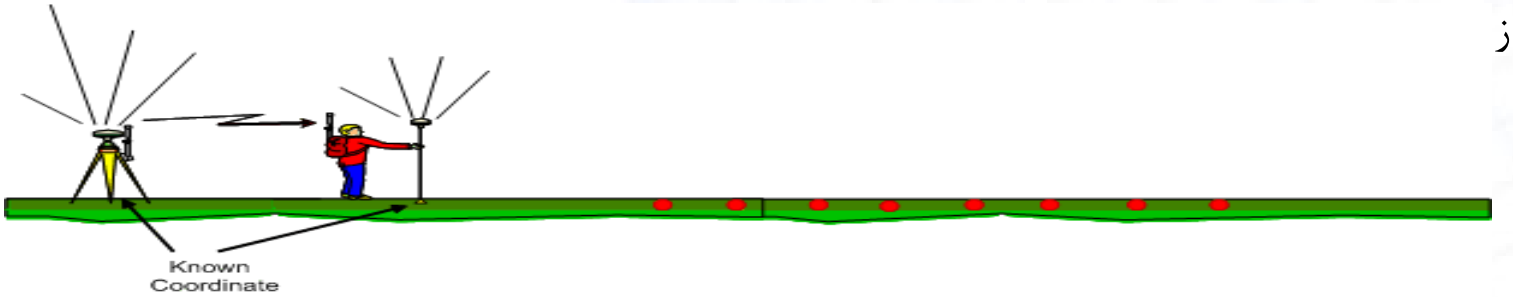
۳- حل ابهام فاز به کمک طول باز معلوم

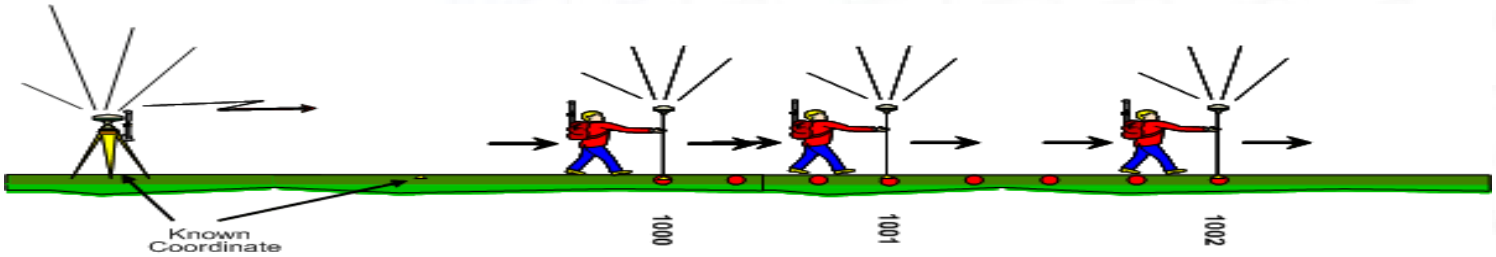
- در این روش دو گیرنده در دو انتهای طول بازی که موقعیت نقاط دو انتهای آن معلوم است (و یا دارای طول کاملاً مشخصی است) مستقر شده و اندازه گیری فاز به مدت چند دقیقه انجام می پذیرد. برای کاهش زمان اندازه گیری لازم برای حل ابهام فاز ضروری است طول باز مورد استفاده تا حد امکان کوچک (مثلا 10m) باشد. به دلیل کوتاه بودن طول باز مورد استفاده در سطح دو تفاضلی می توان از باقی مانده اثر منابع بایاس مختلف صرف نظر کرده و به کمک رابطه زیر به برآوردی از مقدار پارامتر ابهام فاز رسید:

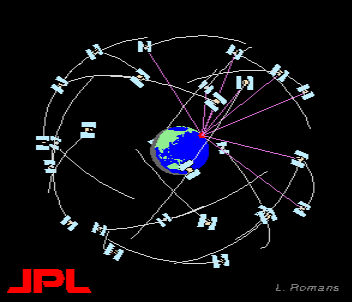
$$\nabla\Delta\Phi(t)=\nabla\Delta\rho+\lambda\nabla\Delta N \Rightarrow \nabla\Delta N=\{\nabla\Delta\Phi(t)+\nabla\Delta\rho\}/\lambda \qquad (1)$$

با ردیابی s ماهواره می توان s-1 مجهول ابهام فاز $\nabla\Delta N$ را تعیین کرد.

- با نرخ اندازه گیری 1s حداقل زمان اندازه گیری لازم برای حل ابهام فاز در این روش 10 تا 15 دقیقه است. در طول این مدت، گیرنده دوم (گیرنده ای که قرار است به صورت متحرک عمل نماید) باید کاملا ساکن بماند. گیرنده متحرک پس از







۴- حل ابهام فاز به روش جابجایی آنتن ها
۵- حل ابهام فاز به روش طول باز نا معلوم

- **جابجایی آنتن ها (Antenna Swap)**: در این روش حل ابهام فاز دو گیرنده به فاصله کمی (مثلا 10m) از یکدیگر قرار می گیرند. بعد از مدت کوتاهی جمع آوری داده و بدون اینکه قطعی فاز رخ دهد جای دو آنتن تغییر کرده و مجددا اندازه گیری ها در مدتی کوتاه ادامه می یابد. به این ترتیب در سطح دو تفاضلی و برای مشاهدات فاز انجام شده در دو اپک t_1 و t_2 از دو وضعیت آنتن می توان نوشت:

$$\nabla\Delta\Phi(t_1)=\nabla\Delta\rho+\lambda\nabla\Delta N \quad (2)$$

$$\nabla\Delta\Phi(t_2)=-\nabla\Delta\rho+\lambda\nabla\Delta N \quad (3)$$

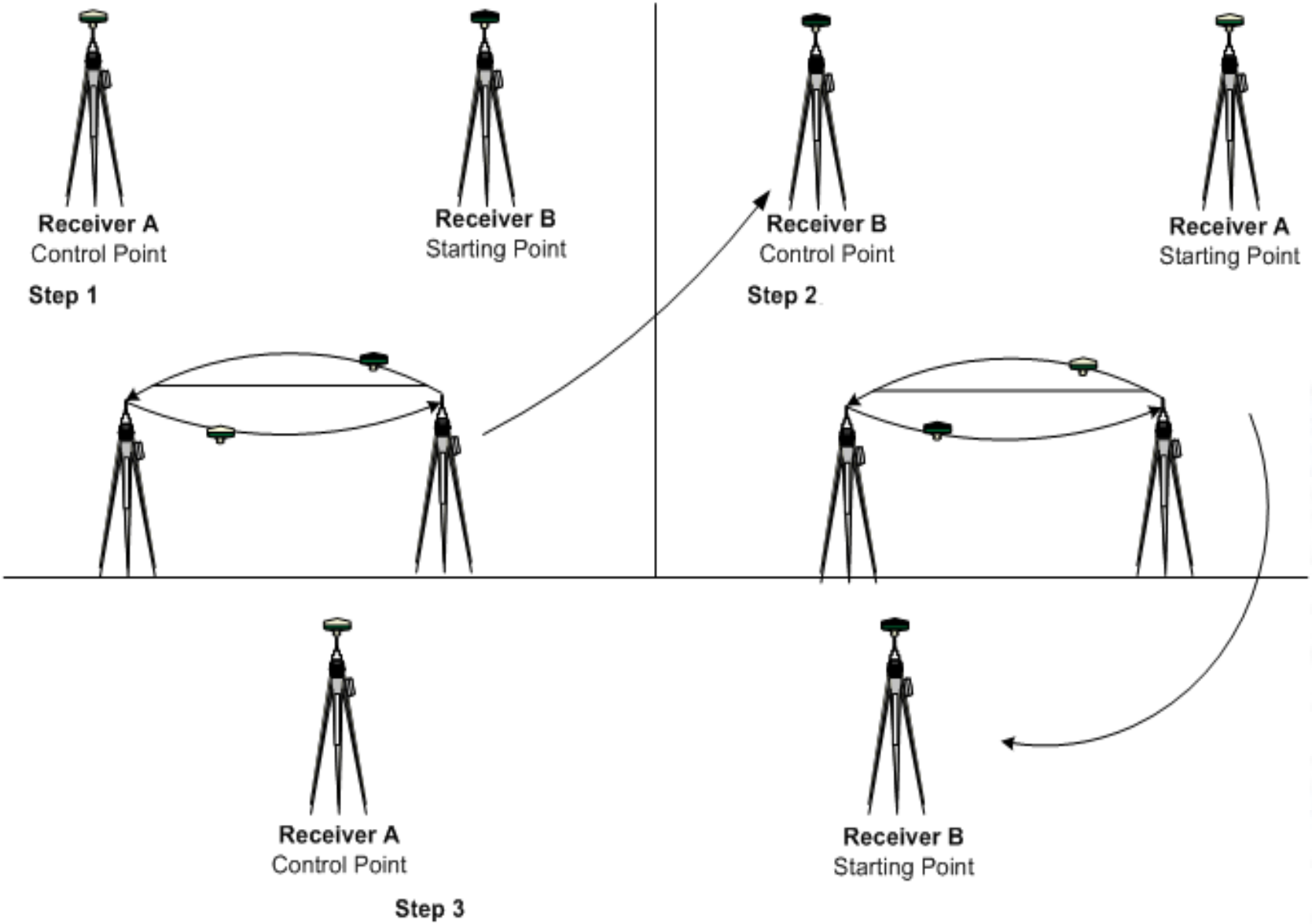
و در نتیجه

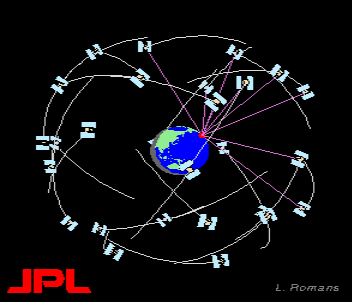
$$\nabla\Delta N=\{\nabla\Delta\Phi(t_1)+\nabla\Delta\Phi(t_2)\}/(2\lambda) \quad (4)$$

- در معادلات (2) و (3) تاثیر منابع خطای مختلف به ویژه منابع اتمسفری ایجاد بایاس به دلیل کوچک بودن فاصله بین دو گیرنده با دقتی قابل قبول از معادلات مشاهدات دو تفاضلی حذف می شود. شکل بعد مراحل حل ابهام فاز با این روش را نمایش می دهد.
- **طول باز نامعلوم:** در این روش تعداد پارامترهای مجهول نسبت به روش طول باز معلوم 3 پارامتر افزایش می یابد. به عبارت دیگر با ردیابی s ماهواره تعداد s-1 پارامتر ابهام فاز و 3 مولفه طول باز نامعلوم مورد نظر تعیین می گردند.

$$\nabla\Delta\Phi(t)=\nabla\Delta\rho+\lambda\nabla\Delta N \quad (5)$$

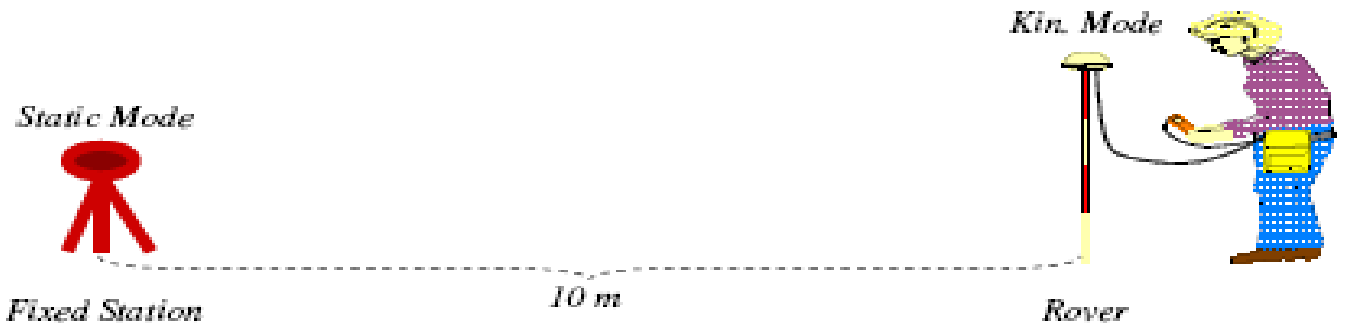
- حل ابهام فاز با این روش به اندازه گیری طولانی تری نیازمند است. این زمان متناسب با طول باز اندازه گیری تقریبا 10 تا 30 دقیقه است. در این روش نیز انتخاب طول باز نامعلوم کوچک امکان استفاده دقیق تر از معادله مشاهده (5) را برای حل ابهام فاز ممکن می سازد.

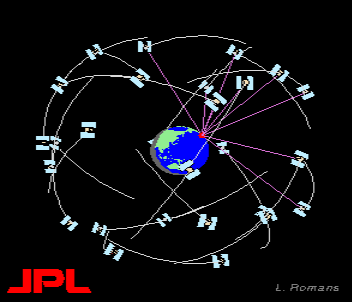

Receiver A
Control Point
Step 1
Receiver B
Starting Point
Receiver B
Control Point
Step 2
Receiver A
Starting Point
Receiver A
Control Point
Step 3
Receiver B
Starting Point



۱- روش متداول تعیین موقعیت کینماتیک

- **روش اندازه گیری:** در این روش از مشاهدات (ضربان) فاز استفاده می شود. در تعیین موقعیت نسبی به این روش، یکی از دو گیرنده در مد استاتیک (ساکن) بر روی ایستگاهی معلوم و گیرنده دیگر در مد کینماتیک (متحرک) به فاصله معلوم و کوتاهی (در حد 10m و یا کمتر) از یکدیگر قرار گرفته و با نرخ اندازه گیری 1s به مدت 10 تا 15 دقیقه اندازه گیری مشاهدات فاز حامل انجام می شود. غالباً میله ای به طول معلوم موسوم به Initialization Bar توسط کارخانه سازنده سیستم GPS تولید و در اختیار کاربران سیستم قرار می گیرد. از این میله به عنوان طول باز اولیه استفاده می شود. بعد از حل ابهام فاز می توان گیرنده مورد استفاده در مد کینماتیک را جابجا کرد. مادامیکه در گیرنده متحرک (rover) قطعی فاز رخ نداده است، اندازه گیری ها ضمن حرکت این گیرنده ادامه می یابد. با ایجاد قطعی فاز در گیرنده در حال حرکت، ابهام فاز حل شده قبلی تغییر کرده و معتبر نخواهد بود. لذا می بایست مجددا با روشی مشابه با یکی از روش های حل ابهام فاز (مثلاً استفاده از روش طول باز نا معلوم) پارامتر ابهام فاز را مجدداً حل کرد. شکل زیر تعیین موقعیت کینماتیک به این روش را نمایش می دهد.
- این روش یکی از روش های غیر آنی و نسبی تعیین موقعیت محسوب می شود. به عبارت دیگر موقعیت گیرنده متحرک نسبت به گیرنده ساکن و پس از انجام محاسبات دفتری تعیین می شود.





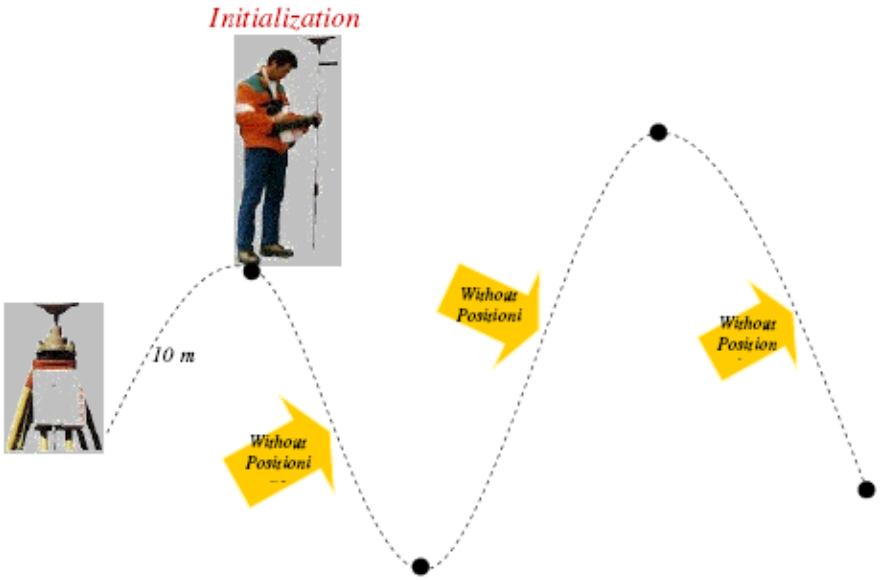
۲- تعیین موقعیت کینماتیک به روش ایست-رو (Stop & Go) یا نیمه کینماتیک

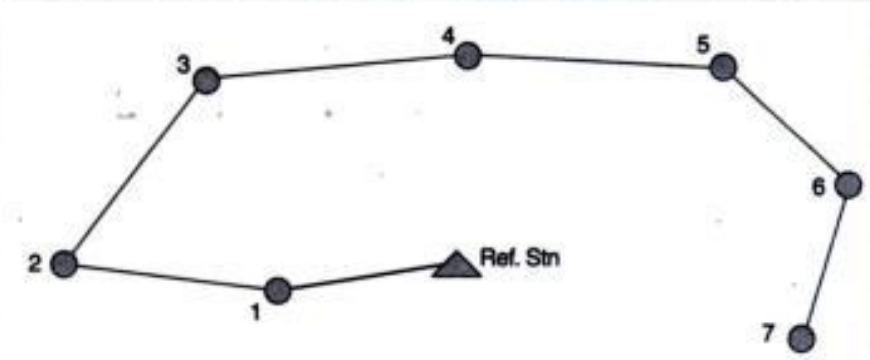
- روش ایست-رو دو تفاوت با روش متداول کینماتیک دارد:

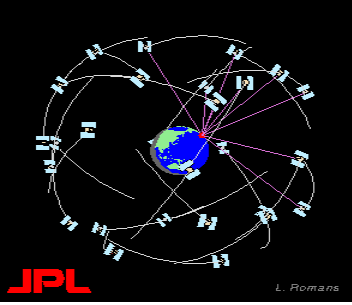
۱) در هر ایستگاه مشاهدات با نرخ 15s و در چهار اپک (جمعاً یک دقیقه) انجام می شود.

۲) در بین راه تا ایستگاه بعدی هیچ مشاهده ای انجام نمی شود. به عبارت دیگر برخلاف روش متداول کینماتیک trajectory یا مسیر حرکت گیرنده در حال حرکت تعیین نشده در عوض تنها موقعیت نقاطی معین از این مسیر تعیین می گردد. شکل زیر این روش تعیین موقعیت را نمایش می دهد.

- حل ابهام فاز می تواند مشابه با روش متداول کینماتیک از طریق طول بازی معلوم و یا سایر روش های قبل صورت پذیرد.



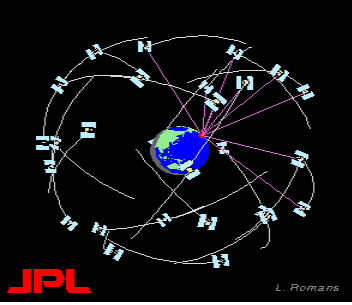




۴- تعیین موقعیت به روش OTF - روش LRK

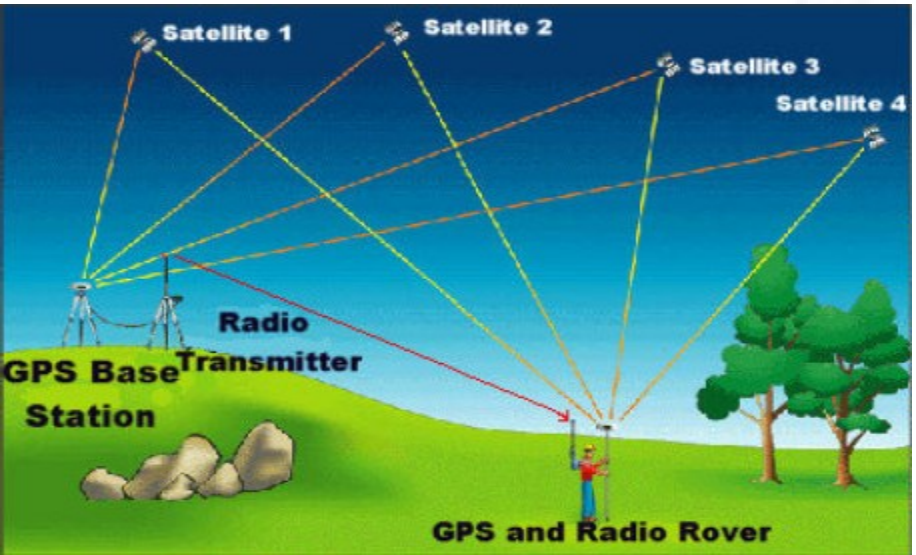
- **روش OTF:** بر خلاف روش های قبل در این روش تعیین موقعیت کینماتیک پارامتر ابهام فاز در حین حرکت ایستگاه متحرک (rover) حل می شود. به عبارت دیگر در این روش نیازی به Initialize کردن گیرنده متحرک نیست. این روش حل ابهام فاز اصطلاحاً به On The Fly Ambiguity Resolution یا حل ابهام فاز به روش OTF معروف است. از این رو از این روش کینماتیک تعیین موقعیت نیز به روش OTF شناخته می شود. این روش در شکل بعد نمایش داده شده است.
- در این روش مشاهدات فاز با نرخ 1s ثبت می شوند. غالباً الگوریتم OTF قادر است پس از 200s از شروع اندازه گیری ابهام فاز را حل نماید. این ابهام فاز تا زمانیکه هیچ جهش فازی رخ نداده است معتبر خواهد بود. در صورت وقوع جهش فاز مشابه قبل، بدون نیاز به Initialize کردن گیرنده متحرک؛ مجدداً پس از 200s ابهام فاز حل خواهد شد. شکل زیر کلیات این روش را نمایش می دهد.
- حل ابهام فاز با روش OTF مستلزم استفاده از گیرنده های دو فرکانسه است.
- دقت این روش 10cm است. این دقت در شرایط ایده آل (استفاده از گیرنده های با نویز کمتر، عدم وجود خطای چند مسیری و پوشش مناسب فضایی ماهواره ها) قابل ارتقا می باشد.
- **روش LRK:** در طول های باز بلند (1000Km) روش OTF به روش LRK یا Long Range Kinematics شناخته می شود.

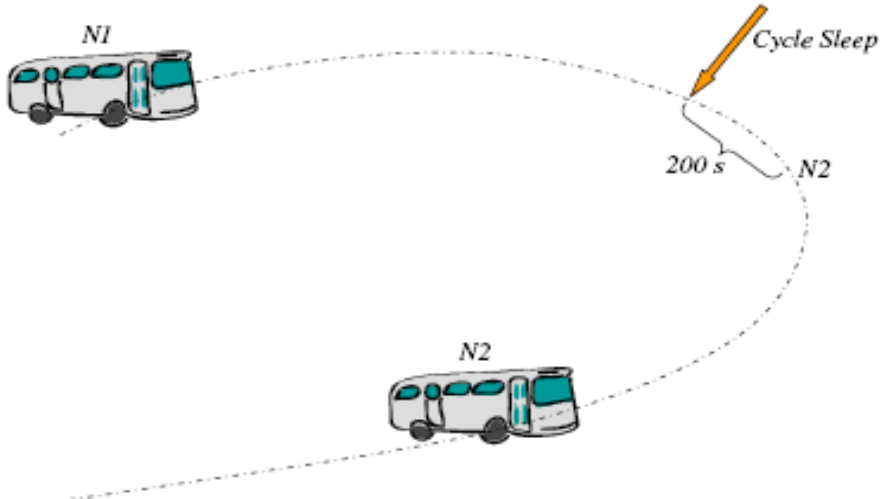
بر خلاف روش OTF، در روش LRK از مختصات مداری دقیق ماهواره ها استفاده می شود.

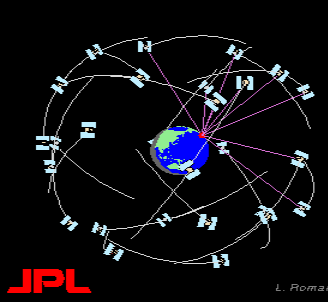


۵- تعیین موقعیت به روش RTK-DGPS

- در این روش مختصات معلوم ایستگاه مرجع به گیرنده مستقر در این ایستگاه معرفی و اختلاف مختصات حاصل از مقایسه این مختصات با مختصاتی که این گیرنده از انجام مشاهدات فاز به ماهواره تعیین می کند محاسبه و به ایستگاه متحرک جهت تصحیح موقعیت مربوطه مخابره می گردد.
- به این ترتیب با تصحیح موقعیت ایستگاه rover می توان به دقت هایی در حد 2cm در موقعیت ایستگاه متحرک رسید.
- این روش یکی از روش های آنی تعیین موقعیت محسوب می شود که در آن از مشاهدات فاز تصحیح شده استفاده می شود. تصحیحات در فرمتی خاص (موسوم به فرمت RTCM) و از طریق ارتباط رادیویی در اختیار ایستگاه متحرک قرار می گیرد.
- به طوریکه خواهیم دید، این روش یکی از روش های دیفرانسیلی (تفاضلی) تعیین موقعیت (DGPS) محسوب می شود.
- در این روش، حل ابهام فاز غالبا طی مدت 5s و به کمک ترکیب wide-lane امکان پذیر است. شکل زیر روش های OTF و RTK را مقایسه می کند.

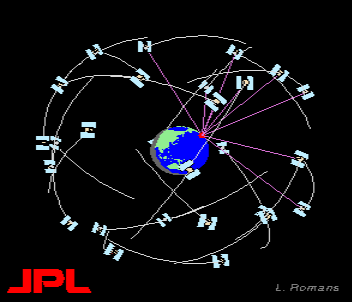






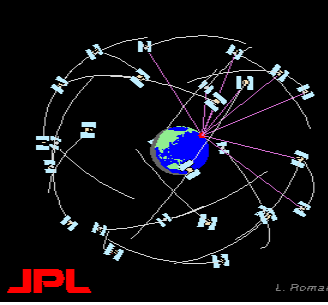
۵-تعیین موقعیت به روش RT-DGPS – ادامه

- چنانکه قبلاً ملاحظه شد روش های مختلفی برای تعامل با منابع مختلف خطا در سیستم GPS وجود دارد. به عنوان مثال در تعیین موقعیت نسبی چنانچه فاصله بین دو ایستگاه کوچک باشد، خطاهای وابسته به فاصله بین دو ایستگاه از طریق تشکیل مشاهدات تفاضلی تا حد قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. تعیین موقعیت آنی تفاضلی با GPS که به RT-DGPS (Real Time-Differential GPS) شناخته می شود، یکی از روش های تعیین موقعیت آنی است که از این ویژگی برخی از منابع بایاس در این سیستم تعیین موقعیت بهره می گیرد.
- تعیین موقعیت آنی تفاضلی با GPS یا RT- DGPS یکی از روش های تعیین موقعیت آنی است که در آن تصحیحات مشاهدات شبه فاصله کد و فاز به طریقی مثلا با مقایسه فاصله بین ماهواره و گیرنده حاصل از مشاهدات شبه فاصله کد و یا فاز با فاصله محاسباتی که از مختصات ایستگاه مرجع و پارامتر های مداری مخابره شده از طریق پیغام ناوبری محاسبه می گردند تعیین و با مخابره این تصحیحات به ایستگاه متحرک دقت تعیین موقعیت آنی در این ایستگاه افزایش قابل ملاحظه ای می یابد.
- **عوامل موثر بر دقت یک سیستم DGPS:** با توجه به مطالب فوق سه عامل بر دقت یک سیستم تعیین موقعیت آنی DGPS موثر است:
  - نزدیک بودن گیرنده مستقر در ایستگاه مجهول به گیرنده مستقر در ایستگاه معلوم شرط لازم برای استفاده موفق از یک سیستم DGPS است. افزایش بیش از حد فاصله بین ایستگاه مرجع و گیرنده متحرک از کارایی تصحیحات تعیین شده می کاهد.
  - علاوه بر این، در این سیستم لزوم مخابره هرچه سریعتر اطلاعات از ایستگاه مرجع به ایستگاه متحرک از یک سو
  - توانایی های گیرنده های مورد استفاده از سوی دیگر از جمله سایر عوامل محدود کننده دقت یک سیستم RT-DGPS است.
  - دقت این سیستم تعیین موقعیت در شرایط مختلف از چند سانتیمتر تا چند متر متغیر است.
- **روش های تولید تصحیحات:** تولید تصحیحات به سه شکل مختلف امکان پذیر است: الف) تولید تصحیحات در فضای موقعیت، ب) تولید تصحیحات در فضای مشاهدات و پ) تولید تصحیحات در فضای وضعیت



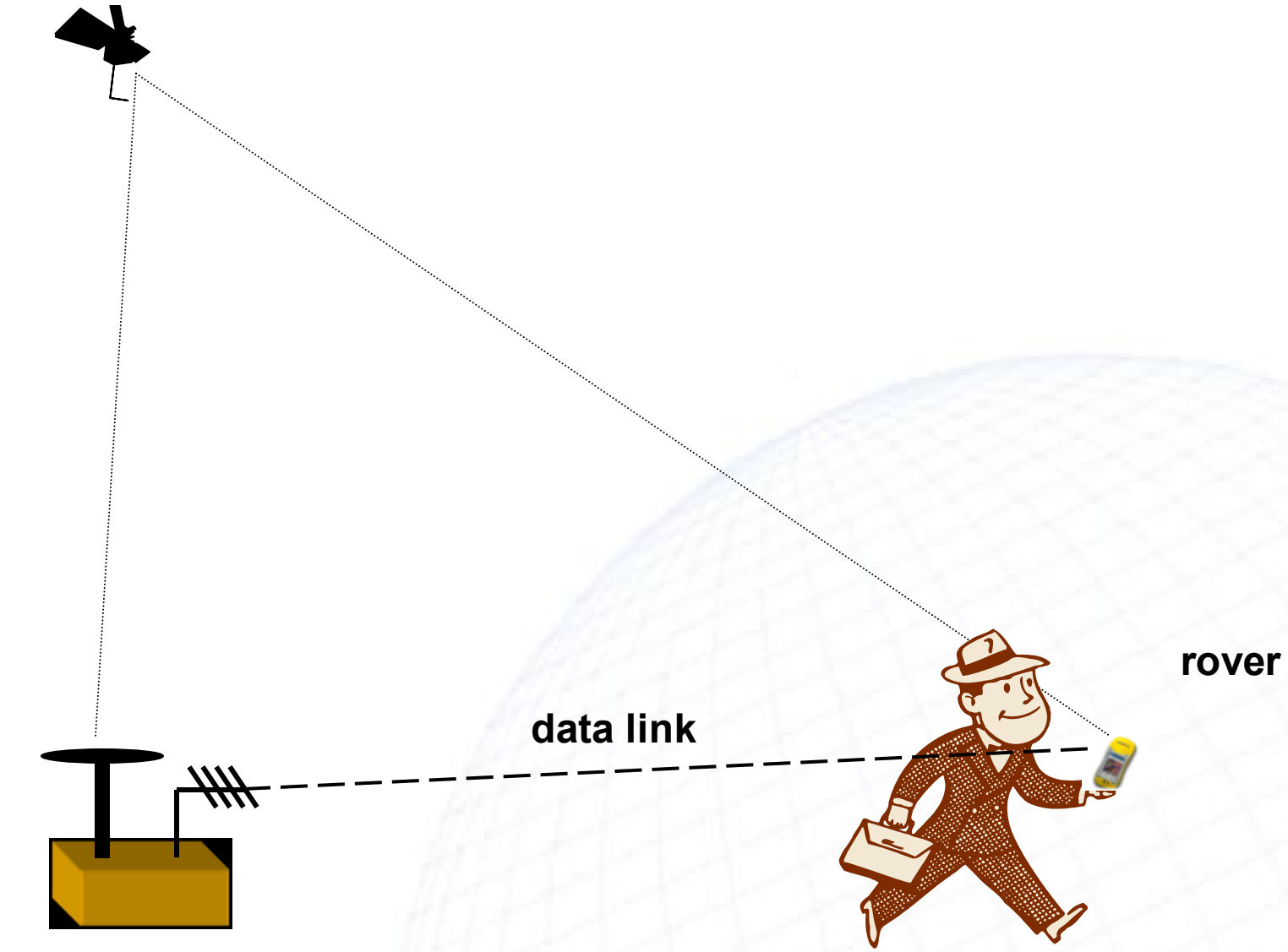
۵- تعیین موقعیت به روش RT-DGPS – ادامه

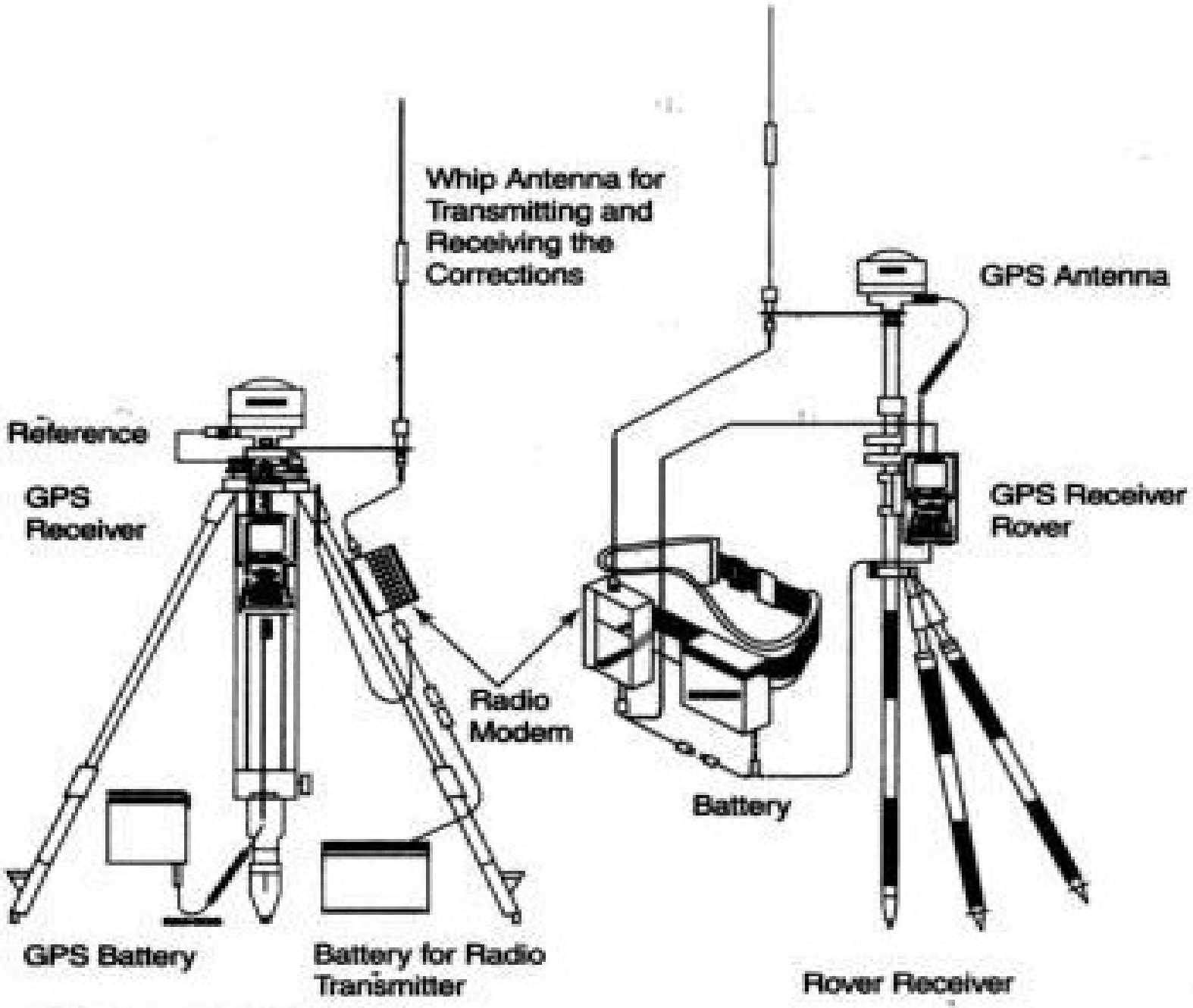
- **تولید تصحیحات در فضای موقعیت:** در این روش از مقایسه مختصات معلوم ایستگاه مرجع با مختصات آنی تعیین شده در گیرنده مستقر در آن تصحیحات DGPS به صورت تصحیحات مختصات تعیین و به مختصات ایستگاه متحرک اعمال می گردند. از این طریق مختصات نهایی گیرنده متحرک محاسبه می شود.
- **تولید تصحیحات در فضای مشاهدات:** در این روش، تصحیحات DGPS از طریق مقایسه مشاهدات شبه فاصله کد و فاز با مقادیر محاسباتی مربوطه (چنانکه در تعریف سیستم معرفی شد) تعیین می گردند. این تصحیحات و نرخ آنها (تغییرات زمانی آنها) جهت اعمال به مشاهدات شبه فاصله کد و فاز در ایستگاه متحرک، به این ایستگاه مخابره و موقعیت ایستگاه متحرک تعیین می شود.
- **تولید تصحیحات در فضای وضعیت:** در این روش سهم منابع مختلف بایاس موثر بر دقت آنی ایستگاه متحرک (نظیر تاخیر های یونسفری و تروپسفری، خطای ساعت ماهواره و ...) مستقلاً محاسبه و در قالب بردار تصحیحات به ایستگاه متحرک مخابره می گردند.
- **بخش های مختلف یک سیستم آنی تعیین موقعیت با GPS:** با توجه به مطالب فوق یک سیستم RT-DGPS از بخش های زیر تشکیل می شود:
  - بخش تولید اطلاعات
  - بخش ارسال اطلاعات
  - بخش کنترل و نظارت بر عملکرد سیستم
  - بخش کاربری (دریافت و استفاده از اطلاعات)
- در بخش ارسال اطلاعات از تجهیزات مختلف و استاندارد خاصی برای تبادل اطلاعات تولید شده در بخش تولید تصحیحات استفاده می شود. این تجهیزات عبارتند از: الف) لینک های رادیویی زمینی، ب) سلولار فون ها، پ) ارتباط ماهواره ای و ت) اینترنت



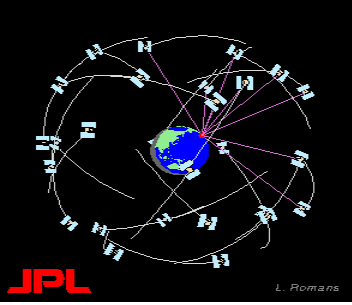
۵- تعیین موقعیت به روش RT-DGPS – ادامه

- برای ارتباط اطلاعاتی در سیستمDGPS استانداردهائی از سوی کمیته ای ویژه برای سرویسهای دریانوردی در سال ۱۹۸۳مطرح شدکه تحت عنوان RTCM SC 104یا بطور خلاصه RTCM از آن یاد می شود. معرفی ساختار و اجزاء این فرمت خارج از حوصله این درس است.
- **لینک های رادیویی زمینی:** در این روش، تصحیحات از طریق ایستگاه های مخابراتی زمینی مخابره می شوند. مخابره تصحیحات در سه باند فرکانسی پائین، متوسط و بالا امکان پذیر است. سیستم های مخابراتی که با فرکانس بالا کار می کنند ارزانتر و در عین حال دارای برد مسافت کوتاه تری نسبت به سیستم های مخابراتی هستند که با فرکانس پائین و برد بیشتری کار می کنند.
- **سلولار فون:** این ابزار از سرویس های ارتباطی موبایل برای ارسال اطلاعات استفاده می کند.استفاده از این ابزار توام با هزینه بالا وتعداد کاربران محدود به تعداد مودم های موجود در ایستگاه مرجع می باشد که از جمله مشکلات این روش مخابره تصحیحات محسوب می شود. این ابزار گذشته از اینکه دارای توان ارسال بالا و پوشش مسافت متفاوت است، قابلیت ایجاد ارتباط دو طرفه میان کاربران و سیستم را فراهم می کند.
- **ارتباط ماهواره ای:** در این روش انتشار تصحیحات از طریق ماهواره صورت می گیرد. از مزایای این روش می توان به توان ارسال بالا و قابلیت پوشش بسیار وسیع در حد وسعت جهانی اشاره کرد.
- **اینترنت:** ارسال تصحیحات به کاربر می تواند از طریق اینترنت صورت پذیرد.
- **انواع یا کلاس های سیستم تعیین موقعیت آنی DGPS:** بسته به تعداد ایستگاه های مرجع مورد استفاده برای مخابره تصحیحات سیستم های تعیین موقعیت آنی DGPS به دو دسته سیستم های تک مرجعی و چند مرجعی طبقه بندی می شوند. در سیستم های تک مرجعی تصحیحات تنها از طریق یک ایستگاه مرجع به کاربران مخابره می گردد (شکل بعد). افزایش فاصله کاربر از ایستگاه مرجع از میزان اعتبار تصحیحات مخابره شده می کاهد.
- بنابراین، برد یا حوزه عمل در سیستم های تک مرجعی محدود تر از برد یا حوزه عمل در سیستم های چند مرجعی است. شکل بعد تجهیزات مورد استفاده در یک سیستم تعیین موقعیت آنی و تک مرجعی DGPS را نمایش می دهد.


rover
data link
base station

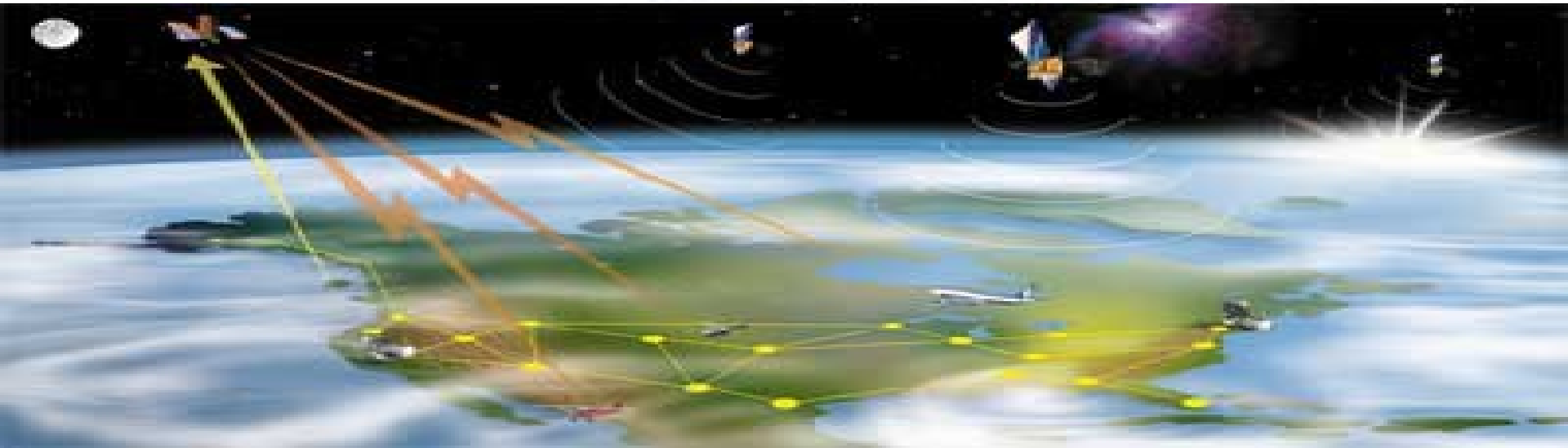


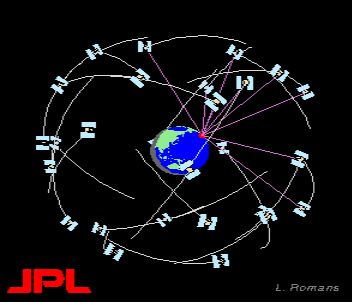
Reference Station in DGPS



۵- تعیین موقعیت به روش RT-DGPS – ادامه

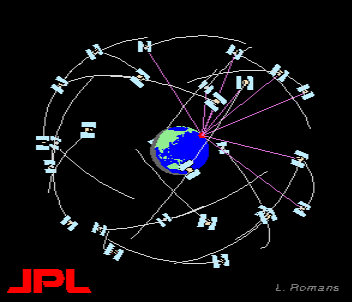
- WAAS (Wide Area Augmented System) نمونه ای از سیستم های تعیین موقعیت آنی چند مرجعی که در ایالات متحده امریکا راه اندازی شده است. این شبکه متشکل از 25 ایستگاه مرجع ردیابی ماهواره های سیستم GPS است که ایالات متحده را پوشش می دهند. دو ایستگاه واقع در سواحل غربی و شرقی ایالات متحده ایستگاه های کنترلی هستند که تصحیحات مربوطه در آنها به کمک اطلاعات ردیابی سایر ایستگاه های این شبکه در فضای وضعیت محاسبه می گردند. بردار تصحیحات از طریق دو ماهواره ساکن geo-stationary به کاربران سیستم مخابره می گردد. با وجود اینکه تصحیحات مخابره شده در سایر نقاط کره زمین نیزدریافت می شوند، به دلیل در نظر نگرفتن مشاهدات ردیابی این مناطق انتظار نمی رود که در خارج از ایالات متحده استفاده از تصحیحات WAAS بهبود قابل ملاحظه ای را در موقعیت آنی ایستگاه های اندازه گیری ایجاد نماید. شکل زیر اجزاء این شبکه و کاربرد های مختلف آن را نمایش می دهد.





۵- تعیین موقعیت به روش RT-DGPS – ادامه

- یکی از نکات مهم در ارتباط با تصحیحات DGPS مدت اعتبار این تصحیحات است. غالبا اعتبار زمانی این تصحیحات 10s در نظر گرفته می شود. افزایش زمان اعتبار تصحیحات می تواند اعتبار آن را مخدوش نماید چراکه بعضی از منابع بایاس نظیر تاخیر های اتمسفری با گذشت زمان تغییر میکنند.
- به لحاظ دقت، سیستم های RT-DGPS به دو دسته سیستم های متداول و دقیق طبقه بندی می شوند. در سیستم های متداول RT-DGPS از مشاهدات شبه فاصله کد و یا شبه فواصل کد نرم شده با مشاهدات فاز استفاده می شود در حالیکه RT-DGPS دقیق مبتنی بر مشاهدات فاز و تصحیحات آن است. بررسی مدل های ریاضی مورد استفاده در تعیین موقعیت آنی با DGPS از حوصله این درس خارج است. در RT-DGPS متداول و با نرخ ارسال اطلاعات (تصحیحات) 100-50 بیت در ثانیه به دقت 2 تا 5m می توان رسید. در حالیکه در RT-DGPS دقیق و با نرخ ارسال تصحیحات 2000-1000 بیت در ثانیه می توان موقعیت نقاط به صورت آنی با دقتی بهتر از یک متر تعیین کرد.



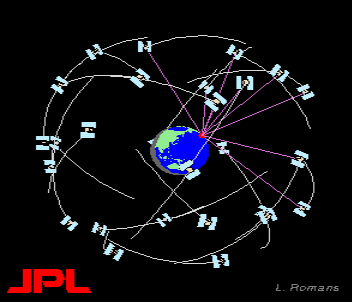
سیستم تعیین موقعیت GLONASS

GLObala NAvigatsionaya Sputnikovaya Sistema

- این سیستم مشابه با GPS یکی از سیستم های ناوبری ماهواره ای با پوشش جهانی یا GNSS (Navigation Satellite System Global) است که برای مقاصد نظامی در اتحاد جماهیر سابق شوروی ساخته و راه اندازی شد. در سیستم GPS با الگو گرفتن از این سیستم سعی شده تا معایب موجود در این سیستم ناوبری ماهواره ای برطرف گردد. در حال حاضر فدارسیون روسیه مسئولیت نگهداری و مدیریت این سیستم را عهده دار است. گرچه سیستم GLONASS نیز از ابتدا جهت تامین اهداف نظامی طراحی و اجرا شد، هیچگاه محدودیت هایی مشابه با محدودیت های سیستم GPS برای کاربران غیر نظامی در آن پیش بینی و اعمال نشده است.
- بخش فضایی سیستم متشکل از 24 ماهواره است که در سه صفحه مداری (هر صفحه شامل 8 ماهواره) قرار دارند. این صفحات در استوا به فاصله 120^0 از یکدیگر قرار دارند. زاویه میل این صفحات 64.8^0 است. ماهواره های این سیستم در ارتفاع 19120km (تقریبا 1000km پائین تر از ماهواره های سیستم GPS) از سطح زمین در حرکتند.
- در این سیستم برای تشخیص ماهواره های مختلف از تکنیک FDMA (Frequency Division Multiple Access) استفاده می شود. بنابراین بر خلاف سیستم GPS کد های ارسالی از ماهواره های این سیستم برای ماهواره های مختلف مشابه است. تغییر فرکانس امواج حامل از یک ماهواره به ماهواره ای دیگر به صورت زیر است:

$$f_{L1}=f_0+(k-1)\Delta f_{L1} \quad k=1,2,\ldots,24 \qquad (6)$$

$$f_{L1}/f_{L2}=9/7 \qquad (7)$$



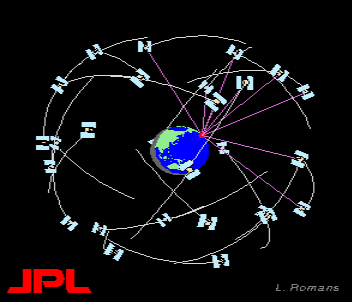
سیستم تعیین موقعیت GLONASS

- از جمله سایر موارد اختلاف این دو سیستم می توان به موارد زیر نیز اشاره کرد:
- ماهواره های این سیستم از طول عمر کوتاه تری در مقایسه با ماهواره های سیستم GPS برخوردارند.
- بر خلاف سیستم GPS هیچ مدل یونوسفری بر روی سیگنال های این سیستم مدوله و به کاربران سیستم مخابره نمی شود.
- آلمانک ماهواره های سیستم هر روز به هنگام می شوند در حالیکه این کار در سیستم GPS هر شش روز یکبار صورت می پذیرد. علاوه بر این دقت پارامترهای مداری آلمانک در این سیستم بالاتر از دقت پارامتر های مداری آلمانک سیستم GPS است.
- جزئیات بیشتری از مقایسه دو سیستم، به ویژه دیتوم های مسطحاتی مورد استفاده و سیستم های زمانی مربوطه در جدول بعد ارائه شده است.

- برای اطلاعات بیشتر در خصوص وضعیت حاضر سیستم GLONASS به سایت زیر مراجعه کنید
www.glonass-ianc.rsa.ru

Comparison of the GLONASS with the GPS

	GLONASS	**GPS**
Nominal number of satellites	24	24
Operational satellites (April 2004)	10	30
Orbital planes	3 (separated by 120°)	6 (separated by 60°)
Satellites per orbital plane	8 (equally spaced)	4 (unequally spaced)
Orbital radius	25'510 km	26'560 km
Inclination of orbital planes	64.8°	55°
Revolution period	$\sim$ 11 h 16 min	$\sim$ 11 h 58 min
Nominal eccentricity	0	0
Ground track repeatability	after eight sidereal days	after one sidereal day
Constellation repeatability	$\sim$ 23 h 56 min	$\sim$ 23 h 56 min
Satellite Laser Ranging (SLR) reflectors	all satellites	two satellites
Signal separation technique	FDMA	CDMA
Carrier L_1 (n=1...12)	1602.5625 – 1608.75 MHz	1575.42 MHz
Carrier L_2 (n=1...12)	1246.4375 – 1251.25 MHz	1227.60 MHz
C/A-code (L_1)	0.511 MHz	1.023 MHz
P-code (L_1,L_2)	5.110 MHz	10.23 MHz
Reference system	PZ-90	WGS–84
Time reference	UTC (SU)	UTC (USNO)



مراجع

1. Gopi Satheesh (2005), Global Positioining System: Principals and Applications, Mc-Grow Hill, ISBN: 0070585997.
2. Beutler et al. (2007),Bernese GPS Software, Astronomical Institute, University of Bern.

۳. باعث، م (۱۳۷۲)، ژئودزی ماهواره ای. گروه نقشه برداری دانشکده فنی دانشگاه تهران.