



سامانه تعیین موقعیت زمین پایه

عباسعلی صالح آبادی

معاون سازمان جغرافیایی و عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی مالک اشتر

چکیده:

سیستم برد بلند Loran-C طی سالهای ۱۹۴۵ تا ۱۹۷۰ میلادی توسط ایالات متحدة آمریکا و اتحاد جماهیر شوروی سابق با ترسیم چشم انداز استفاده از این سیستم در کاربردهای نظامی توسعه یافت. این سیستم یکی از ابزارهای پیروزی متفقین بر متحدین بود و در طی جنگ جهانی دوم با نامهای لورن A و لورن C نامگذاری شد. تا پایان جنگ جهانی دوم در سال ۱۹۴۵ تعداد ایستگاههای زمینی این سیستم به ۷۵ و تعداد گیرنده‌های مورد استفاده در هواپیما و کشتی متفقین به ۷۵۰۰ رسید. از سال ۱۹۴۵ به بعد از سوی آمریکا و انگلیس بعنوان ابزارهای هدایت ابتدا در کشتی‌های جنگی و سپس در هواپیمای جنگی مورد استفاده قرار گرفتند. سامانه لورن از یک ایستگاه اصلی و دو ایستگاه فرعی سیگنالهای رادیویی با فرکانس پایین را به سمت گیرنده ارسال می‌نماید. بطوریکه اختلاف زمانی بین فرکانس‌های رسیده در سرعت انتشار امواج ضرب و به اختلاف فاصله تبدیل و در نهایت مکان هندسی نقطه با فاصله مساوی از دو فرستنده به عنوان خطوط موقعیت برای گیرنده تعیین می‌شود. در این مقاله نحوه تعیین موقعیت با سامانه LORAN در مقایسه با عملکرد GPS ارائه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سامانه تعیین موقعیت، زمین پایه و فضا پایه، سامانه LORAN، LPS

۱- مقدمه

در سال ۱۹۷۰ میلادی ایالات متحده آمریکا و کانادا رسماً سیستم LORAN را یک سامانه تعیین موقعیت ملی اعلام کردند که این اقدام باعث استفاده از آن در بخش های غیر نظامی گردید. در سال ۱۹۹۰ بریتانیا موافقت به گسترش پوشش سامانه لورن در اروپای شمالی نمود و سپس ونزوئلا، هند و چین نیز پس از این سال به ناحیه پوشش سیستم لورن پیوستند. در حال حاضر بیش از ۱۳۰ ایستگاه لورن در جهان فعال هستند و نزدیکترین زنجیره لورن که در همسایگی جمهوری اسلامی ایران قرار دارد شبکه زنجیره ۴ ایستگاهی عربستان و روسیه میباشد. با توجه به توان بالای فرستنده های لورن توان دریافتی در گیرنده های این سامانه بطور متوسط ۱۰ هزار برابر بیشتر از توان دریافت سیگنال GPS است و برای اختلال در سیگنال اصلی لورن به توان بسیار بالای نیاز است. از طرفی تجهیزات اختلالگر بسیار حجمی و بزرگ هستند که جابجایی، استقرار و حفاظت آنها به راحتی امکان پذیر نمی باشد. بیشتر سیگنالهای لورن به صورت سطحی انتشار می یابند و به راحتی در مناطق شهری، تونلهای، مناطق کوهستانی و نظایر آنها منتشر می شود. اختلالات ناشی از اتمسفر در آن موثر نیست و لذا احتمال از دادن سیگنال کمتر است. از آنجا که ایستگاه های لورن عمدتاً در داخل کشور قرار خواهند گرفت امکان مراقبت هوایی از تحریب این سامانه توسط تهاجم دشمن بهتر انجام میشود و امکان سیار نمودن ایستگاه های لورن و جابجایی آنها این سامانه در شرایط بحران با اهمیت می باشد [۱].

۲- معرفی سامانه Loran

سامانه Loran مخفف کلمات Long Rang Navigation می باشد. همچنین سامانه های E - سامانه هایی هستند که برای مکان یابی و ناوبری کاربرد دارند و شامل فرستنده، کنترل و مونیتورینگ ایستگاه ها و تجهیزاتی برای همزمان سازی فرستنده ها هستند. اساس کار این سامانه ها براساس اختلاف زمانی پالس های دریافتی از ایستگاه های فرستنده اصلی و فرعی می باشد. باند فرکانسی این سامانه LF (۱۰۰ کیلو هرتز) است. گیرنده که در نقطه نامشخص قرار دارد، با دریافت سیگنال فرستنده های مختلف و با استفاده از الگوریتم های همزمان سازی، اختلاف زمانی بین سیگنال ها را محاسبه نموده و با استفاده از روش تقاطع هذلولی های مکان هندسی، موقعیت خود را محاسبه می کند. [۲] بررسی های انجام شده حاکی از آن است که سامانه های زمین پایه یکی از ارکان تامین خدمات موقعیت یابی در جهان بوده و حتی صاحبان سامانه های فضایی نیز از آن اجتناب نکرده اند و بدلیل تکمیل کننده سامانه های فضا پایه، پشتیبانی از سایر سامانه ها در موقع مسدود شدن خدمات و سوم سامانه هی مستقل و در نهایت ایجاد پوشش منطقه ای حائز اهمیت می باشند. یکی از عوامل مهم در دقت موقعیت یابی این سامانه هم زمانی فرستنده هاست و می بایست بهتر از ۱۰۰ نانو ثانیه باشد. یک زنجیره Loran از سه تا پنج ایستگاه تشکیل می شود که هر زنجیره دارای یک فرستنده مرکزی (اصلی) و دو تا چهار ایستگاه ثانویه (فرعی) خواهد بود. در شکل ۱ زنجیره سه ایستگاهی لورن مستقر در مناطق مختلف جهان که تاکنون فعال و عملیاتی هستند ارائه و نشان داده شده است.

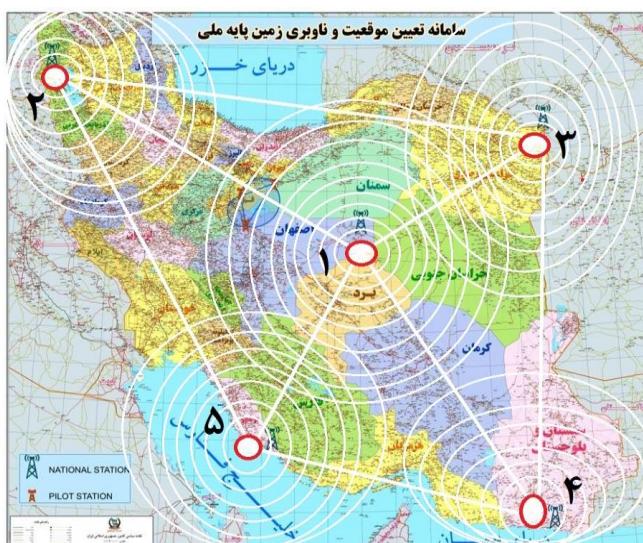


شکل ۱: زنجیره ۳ ایستگاهی بریتانیا (انگلستان)

LORAN-C دارای دقت تعیین موقعیت در حدود ۵۰ تا ۶۰ متر است ولی با ارتفاع آن و دسترسی به سیستم لورن ارتفاع یافته یا E-LORAN می‌توان به دقت زیر ۲۰ متر رسید. ارتفاع سامانه LORAN-C به عنوان E-LORAN پشتیبان سامانه تعیین موقعیت یاب جهانی از چند بعد پیگیری و حائز اهمیت می‌باشد [۸].

۳- ایجاد سامانه تعیین موقعیت ملی (زمین پایه)

سامانه تعیین موقعیت زمین پایه کشور براساس استقرار و نصب ۵ ایستگاه لورن که شامل یک ایستگاه اصلی (مستر) در مرکز و ۴ ایستگاه فرعی (ریموت) در گوشه‌های مرزهای کشور در محدوده فرکانسی پایین KHZ و LF=100 و توان فرستنده ۱ مگاواتی طراحی و در حال اجرا می‌باشد. فرستنده‌های پر قدرت این شبکه ملی می‌توانند پالس های اختلاف زمانی را تا فاصله ۱۰۰۰ کیلومتری داخل و خارج کشور ارسال و امکان تعیین موقعیت و ناوبری را برای وسائل و کاربران نظامی و غیر نظامی فراهم سازند. با بکارگیری و استفاده از فناوری توسعه یافته E-Loran در این شبکه می‌توان امکان تعیین موقعیت دقیق را فراهم ساخت بطوریکه دقت تعیین موقعیت و ناوبری در این سامانه ملی به دقت های ۱۰ الی ۲۰ متر قابل ارتفاع و بهبود می‌باشد. در حال حاضر ایجاد سامانه‌های فضای پایه بسیار پرهزینه و برنامه ای دراز مدت حداقل ۱۵ تا ۲۰ ساله می‌باشد و مناسب ترین سامانه به لحاظ اقتصادی و زمان و اجراء ایجاد سامانه بومی و زمین پایه لورن در کشور و بهبود عملکرد آن توسط فناوری‌های E-Loran می‌باشد [۵]. سامانه تعیین موقعیت لورن طی مدت ۵ سال ایجاد و بعد از آن برای ارایه خدمات ناوبری و تعیین موقعیت عملیاتی خواهد بود و کلیه تجهیزات اصلی آن شامل فرستنده‌ها، گیرنده‌ها و آنتن‌ها و ... در داخل کشور قابل ساخت و تهیه می‌باشد. این سامانه بدليل داشتن فرستنده‌های تولید پالس با توان بالا در مقابله با اخلاق ارادیویی مقاوم و در امان می‌باشد از طرفی از سامانه زمین پایه مذکور می‌توان جهت سامانه پشتیبان و مکمل در کنار سامانه فضای پایه آتی کشور استفاده نمود همچنین ایستگاه‌های سامانه مذکور می‌توانند در آینده جهت افزایش دقت تعیین موقعیت سامانه‌های فضای پایه کشور در آینده برای ارسال تصویحات مربوط به خطاهای اتمسفریک و جوی و اتلات رادیوی جهت کاربران و گیرنده‌های سامانه‌های فضایی، امروزه GPS و ... مورد استفاده و ارتفاع داد. در شکل (۲) طرح کلی شبکه ملی تعیین موقعیت ارائه شده است [۹].

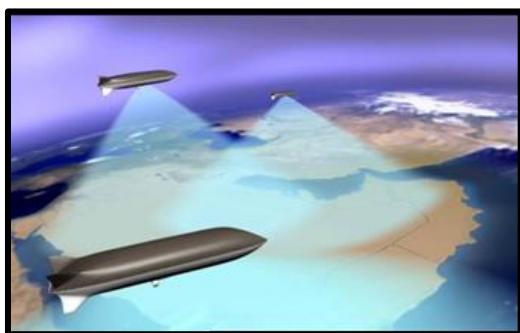


شکل ۲: طرح کلی شبکه ملی تعیین موقعیت

۴- بررسی سامانه تعیین موقعیت یابی منطقه‌ای (هوا پایه)

کشتی‌های هوایی مستقر در استراتوسفر در ارتفاع ۶۰ کیلومتری از سطح زمین می‌توانند عنوان نقاط معلوم در آسمان در نظر گرفته شود تا پوشش مناسب جهت ارسال امواج زمانی حاوی اطلاعات مداری برای تعیین موقعیت گیرنده‌های زمینی را ارسال نمایند. براساس حوزه پوشش امواج هریک از کشتی‌های مذکور که در ارتفاع ۶۰ کیلومتری

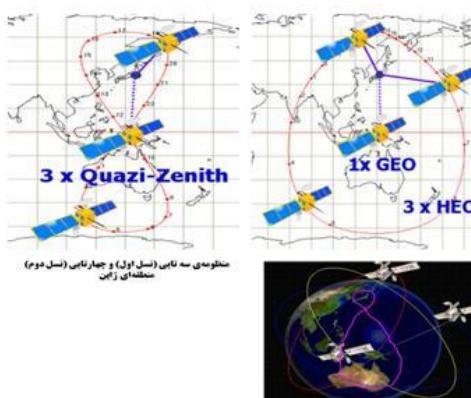
با موتورهای خورشیدی مخصوص در هوا بطور معلق قرار گرفته اند و انجام محاسبات و برآوردهای ریاضی به عمل آمده با استقرار تعداد ۲۴ تا از این کشتی‌ها در لایه استراتو سفر فضای جمهوری اسلامی ایران می‌توان پوشش کاملی را برای تعیین موقعیت منطقه ایران حتی تا ۱۰۰۰ کیلومتر بیرون از مرزها ایجاد نمود. هزینه این روش نسبت به سامانه‌های فضایی ارزان و اجرای آن سریع و عملیاتی است لیکن در مقایسه با سامانه‌های زمینی پایه همانند سیستم لورن نگهداری و اجرای آن پر هزینه و گران قیمت و طولانی است [۳]. استقرار کشتی‌های هوایی مزایای بسیاری ایجاد می‌کند و بعنوان شبه ماهواره برای بسیاری از کاربردها از جمله موقعیت یابی و ناوبری در مناطق برون مرزی و منطقه‌ای بسیار مناسب و کارآمد می‌باشد. در شکل ۳ نحوه عملکرد کشتی‌های هوایی نمایش داده شده است.



شکل ۳: نحوه عملکرد کشتی‌های هوایی

۵- سامانه‌های تعیین موقعیت فضایی

سامانه‌آمریکا و GALILEO اروپا و GLONASS روسیه جزو سامانه‌های فضایی جهانی محسوب می‌شوند که پوشش جهانی داشته و کارآمدترین نوع آنها سامانه GPS است [۴]. سامانه فضایی منطقه‌ای هند شامل ۷ ماهواره که ۳ ماهواره ثابت در مدار ژئو و ۴ ماهواره متحرک در مدارات پایین تر پوشش فضایی منطقه هند را فراهم مینماید و سامانه COMPAS چین نیز یک سامانه فضایی منطقه‌ایست که شامل تعدادی ماهواره ثابت ژئو و ماهواره‌های متحرک در مدارات پایین است. کشور ژاپن نیز در منطقه جنوب شرق آسیا دارای سامانه فضایی منطقه‌ای است که به صورت منظومه‌ای فعالیت مینماید. در شکل (۴) سامانه‌های فضایی منطقه‌ای کشورهای چین، ژاپن و هند نشان داده شده است [۶].



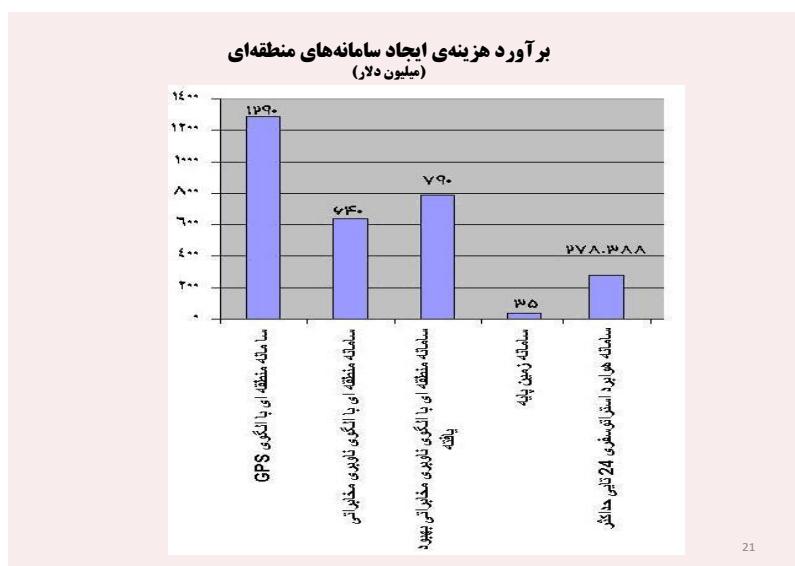
شکل ۴: سامانه‌های فضایی منطقه‌ای کشورهای چین، ژاپن و هند

تعیین موقعیت سامانه‌های فضایی جهانی بر اساس ارسال دو نوع سیگنال در باند L1 ، L2 که کدها و پیغامهای ناوبری روی آنها مدوله شده اند از سوی ماهواره‌ها به سمت زمین می‌باشد. سپس در گیرنده زمینی سیگنال‌های دریافتی از ماهواره‌ها با سیگنال‌های مشابه ای که خود در لحظه تولید می‌کنند مقایسه شده و با معلوم بودن موقعیت ماهواره‌ها در مدار که توسط افemerیزهای ماهواره ارسال می‌گردد مختصات سه بعدی نقاط زمینی و جابجایی آنها در زمان

محاسبه میگردد . ماهواره های سامانه GPS شامل ماهواره های سری بلوک ۱ و ۲ و ۲A و ۲R و بلوک ۳ میباشند. بلوک ۱ ماهواره های ۱ تا ۱۲ بوده که وزن آنها ۸۴۵ کیلوگرم و فاقد اثرات SA و AS میباشند. ماهواره های بلوک ۲ از شماره ۱۳ تا ۲۱ هستند و نیاز دارند تا ۳ بار در روز میباشد از ایستگاه های کنترل زمینی Up-Load بشوند و اثرات AS روی آنها اجرا نمیشود. طول عمر آنها ۵/۷ سال و وزن ۱۵۰۰ کیلو گرم دارند ماهواره های بلوک ۳ نسل جدید ماهواره های GPS میباشند و در سال ۲۰۱۰ در مدار قرار گرفته اند [۴] .

۶- مقایسه برآورد هزینه ای

در این بخش مقایسه برآورد هزینه ای به میلیون دلار بین اجرا و راه اندازی و نگهداری هر کدام از سامانه های زمین پایه (لورن سی) و سامانه هوا پایه (کشتی های هوایی) و سامانه فضا پایه منطقه ای By2 (چین و جهانی (GPS) آمریکا نشان داده شده است. طبق برآورد های به عمل آمده به لحاظ صرفه اقتصادی و هزینه های ایجاد پروژه و نگهداری، ابتدا سامانه تعیین موقعیت زمین پایه ارزانترین فناوری در حوزه کاربرد های ناوبری و تعیین موقعیت می باشد و بعد از آن بترتیب سامانه های هوا پایه و فضا پایه منطقه ای قرار دارند و سامانه فضایی جهانی جزو گران قیمت ترین سامانه به لحاظ اقتصادی و فناوری های نگهداری و اجرا میباشد که جزو اهداف راهبردی و بلند مدت کشورها در زمینه ناوبری و هدایت ادوات نظامی و هواپیما ها و پرتابه های بالستیکی دور برد و قاره پیما می باشد. در نمودار شکل (۵) برآورد هزینه ایجاد سامانه های منطقه ای نشان داده شده است.



شکل ۵ : برآورد هزینه ایجاد سامانه های منطقه ای

۷- نتیجه گیری

سامانه های فضا پایه منطقه ای و جهانی بدليل هزینه گزار در پرتاب ماهواره ها و نگهداری و هدایت و کنترل آنها و همچنین آسیب پذیری آنها در اثر جمینگ و ایجاد پارازیت در امواج ارسالی جزو برنامه ها و اهداف دراز مدت کشور ها در تعیین موقعیت با این نوع از سامانه هاست. سامانه های فضایی موجود مانند GPS ... متعلق به بیگانگان و اتکا به آنها جهت ناوبری و تعیین موقعیت در شرایط بحرانی به لحاظ امنیتی منطقی نبوده و از طرفی در آینده نیز ممکن است استفاده از این سامانه ها با محدودیت و شرایط خاصی قابل انجام باشد. سامانه های هوا پایه میتواند جایگزین خوبی برای سامانه های فضایی باشد ولی پوشش کامل آن در کشور با حداقل ۲۴ کشتی و برای برون از مرز ها نگهداری و تثبیت و کنترل مشکل خواهد بود و این سامانه نیز نیازمند صرف هزینه زیاد و کاربردهای دراز مدت است و امکان جمینگ بر امواج ارسالی از این کشتی ها وجود دارد. سامانه مناسب به لحاظ پوشش وسیع و صرفه اقتصادی

و بومی‌سازی در کشور و پشتیبان برای سامانه‌های آتی ملی در زمینه هواپایه و فضایلایه سامانه زمین پایه ملی است. طرح سامانه موقعیت‌یابی زمین‌پایه که درواقع سامانه موقعیت‌یابی منطقه‌ای یا LPS است برای اولین بار درکشور توسط سازمان جغرافیایی و همکاری دانشگاه مالک اشتر بصورت پایلوت اجراء و در سال ۱۳۹۱ توسط وزیر دفاع وقت اعلام گردید. گفتنی است طرح‌هایی نیز برای ایجاد یک منظمه از ماهواره‌ها برای حرکت به سمت تکامل هرچه بیشتر سامانه بومی‌موقعیت‌یابی و افزایش گستره پوشش آن در کشور وجود دارد که در سال‌های آینده و با افزایش توانمندی‌های صنعت فضایلایه کشور محقق خواهد شد.

مراجع

- [1] Andrei Arjanoukhin et. Al., " Future Navigation Systems", International space university, 2003.
- [2] A.W. Helwig, "Eurofix: an overview", Course ET4-022: Radio Navigation, Delft University of Technology , 12 March 2007.
- [3] "FEDERAL RADIONAVIGATION PLAN", Department of Defense, Department of Homeland Security, and Department of Transportation, 2005.
- [4] J. Brandon, "THE GLOBAL POSITIONING SYSTEM: GLOBAL DEVELOPMENTS AND OPPORTUNITIES", U.S. International Trade Commission, May 2003.
- [5] Len Jacobson, "GNSS Markets and Applications", ARTECH HOUSE, INC, 2007.
- [6] "REPORT OF TEACTION TEAM ON GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS (GNSS)", UNITED NATIONS, 2004.
- [7] "National Positioning, Navigation, and Timing Architecture Study", National Security Space Office, September 2008.
- [8] "The Future of the Global Positioning system", Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics, October 2005.
- [9] "Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System", John A. Volpe National Transportation systems Center, 29 August 2001.