بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

شبیه سازی سیگنال سامانه موقعیت یاب گالیله

نگارش

آزاده نوذرپور

استاد راهنما

دکتر محمدحسین رفان

دکتر شروین امیری

پایان نامه برای کسب درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق– الکترونیک

اسفند ماه ۱۳۹۲

باسمه تعالی

تعهدنامه اثر اصالت

اینجانب **آزاده نوذرپور** معتهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه که حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است .در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی می باشد.

نام ونام خانوادگی دانشجو

آزاده نوذرپور

امضاء

تأییدیه‌ی هیئت داوران جلسه‌ی دفاع از پایان‌نامه

نام دانشکده: مهندسی برق و کامپیوتر

نام دانشجو: آزاده نوذرپور

عنوان پایان‌نامه: **شبیه سازی سیگنال سامانه موقعیت یاب گالیله**

تاریخ دفاع: ۱۲ اسفند ماه ۱۳۹۲

رشته: مهندسی برق

گرایش: الکترونیک

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبه دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	**استاد راهنما**	**دکتر محمدحسین رفان**	**استادیار**	**شهید رجایی**	
۲	**استاد راهنما**	**دکتر شروین امیری**	**دانشیار**	**سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران**	
۳	**استادمدعو خارجی**	**دکتر موسوی میر کلائی**	**استاد**	**دانشگاه علم وصنعت**	
۴	**استاد مدعو داخلی**	**دکتر نصور باقری**	**استادیار**	**شهیدرجایی**	

تقدیم به مهربان فرشتگانی که:

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربه‌های یکتا و زیبای زندگی‌ام، مدیون حضور سبز آن‌هاست.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم...

تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم.اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می کند و سلامت امانت هایی را که به دستش سپرده اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللّه عزّ و جلّ: " ازپدر و مادر عزیزم... این دو معلم بزرگوارم...

که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت هایم گذشته اند و در تمام عرصه های زندگی یار و یاوری بی چشم داشت برای من بوده اند؛

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر محمدحسین رفان و جناب آقای دکتر شروین امیری که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده گرفتندکمال تشکر و قدردانی را دارم، باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

چکیده

سیگنال های ارسال شده از ماهواره های گالیله و جی پی اس به سمت زمین شامل ۳ مولفه؛ موج حامل، سیگنال پیام و کدفاصله یاب است. در این پژوهش با مطالعه دقیق این ۳ مولفه، سیگنال فرکانس میانی گالیله و جی پی اس در باند L1 در محیط Matlab شبیه سازی می شود. داده اولیه مورد نیاز سیگنال برای شبیه سازی داده آلماناک و افمریس است. از آنجایی که سامانه گالیله هنوز عملیاتی نشده است، داده افمریس مورد نیاز با استفاده از نرم افزار شبیه ساز سامانه گالیله بنام GSSF و داده آلماناک در یک فایل متنی بصورت دستی تولید می شود. سپس، تحت الگوریتم های معین بصورت بیت به بیت در زیرقاب ها و صفحه های مربوطه جایگذاری می شوند. کد اولیه و کد ثانویه هر ماهواره گالیله و کد GPS C/A با رجوع به مراجع پیاده سازی می شود. پیاده سازی این بخش در محیط برنامه نویسی Matlab انجام می شود. نرم افزار SoftGNSS (نسخه ۳) برای ارزیابی اولیه استفاده می شود. طیف سیگنال در دو حالت با نویز گوسی محیط و بدون آن بدست آمد. طیف بدست آمده قابلیت اطمینان خوبی دارد از این جهت که در این مقاله داده آلماناک و افمریس مورد نیاز ماهواره های گالیله و GPS در شبیه سازی سیگنال استفاده شده است. سیگنال های IF تولید شده برای یک مقطع زمانی مشخص باید در یک حافظه با فرمت باینری ذخیره سازی شود. سپس فایل ذخیره شده با نرم افزار SoftGNSS اجرا می شود و طیف سیگنال بدست می آید. این نرم افزار قادر است طیف سیگنال های گالیله و GPS را نمایش دهد؛ اگرچه نمی تواند سیگنال های ماهواره های گالیله را ردیابی و ره یابی کند.

کلمات کلیدی: سامانه ماهواره ای گالیله، شبیه ساز سیگنال، داده پیام، کد فاصله یاب، شبیه ساز GSSF

فهرست مطالب

فصل اول ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲- سامانه ناوبری ماهواره ای گالیله ۴

۱-۲-۱- بخش فضایی ۵

۱-۲-۲- بخش کنترل ۸

۱-۲-۳- بخش کاربر ۹

۱-۳- نحوه تعیین موقعیت یک گیرنده ۱۰

۱-۴- اندازه گیری فاصله ۱۳

۱-۵- خدمات سامانه ماهواره ای گالیله ۱۴

۱-۵-۱- خدمات آزاد گالیله: ۱۵

۱-۵-۲- خدمات تجاری گالیله ۱۶

۱-۵-۳- خدمات منظم عمومی گالیله ۱۷

۱-۵-۴- خدمات امنیتی گالیله ۱۷

۱-۵-۵- خدمات جستجو و امداد گالیله ۱۸

۱-۵-۶ سامانه پوشش ناوبری زمینی اروپا (EGNOS) ۱۹

فصل دوم ۲۲

۲-۱- مقدمه ۲۳

۲-۲- طیف فرکانسی و مشخصات سیگنال حامل ۲۳

۲-۲-۱ نحوه مدولاسیون سیگنال های گالیله ۲۶

۲-۳- سیگنال کد فاصله یاب ۲۸

۲-۳-۱- تولید کد اولیه ۳۰

۲-۳-۲- تولید کد ثانویه ۳۱

۲-۴- سیگنال پیام ناوبری ۳۲

۲-۴-۱ کدینگ Interleaving FEC ۳۴

۲-۴-۲ ساختار پیام ناوبری F/NAV ۳۶

۲-۴-۳- پیام I/NAV ۳۸

۲-۵ زمان سامانه گالیله ۴۲

۲-۶- ساختار سیگنال E1 ..... ۴۴

فصل سوم ۴۹

۳-۱ مقدمه ۵۰

۳-۲ ساعت ماهواره ۵۱

۳-۲-۱ اثر مدار ماهواره بر روی خطای ساعت ۵۱
۳-۲-۲ اثرات نسبیت در خطای ساعت ۵۳

۳-۳- خطای اتمسفر ۵۳

۳-۳-۱ خطای تروپوسفر ۵۴
۳-۳-۲ خطای یونوسفر ۶۴

۳-۴ خطای چندمسیری ۷۲

۳-۵ خطاهای ناشی از وضعیت ماهواره ها و گیرنده ۷۴

۳-۶ مدل ریاضی سیگنال E1 در باند گذر با در نظر گرفتن خطاها ۷۶

۳-۷ مقایسه باGPS ۷۷

۳-۷-۱ تفاوت در سیگنال ۷۹
۳-۷-۲ تفاوت در پردازش سیگنال ۸۱

فصل چهارم ۸۳

۴-۱ مقدمه ۸۴

۴-۲ شبیه سازی سناریو ۸۹

فصل پنجم ۱۰۳

۵-۱ مقدمه ۱۰۴

۵-۲ اجزای سیگنال گالیله و نحوه شبیه سازی آن ۱۰۴

۵-۲-۱ داده ی راینکس ۱۰۵

۵-۲-۲ داده ی آلماناک ۱۰۶

۵-۲-۳ تولید کد ۱۰۸

۵-۳ تحقق نرم افزاری سیگنال فرکانس میانی E1 گالیله ۱۰۹

۵-۴ نمونه خارجی ۱۱۵

۵-۵ گیرنده های گالیله ۱۱۶

فصل ششم ۱۲۱

۶-۱ جمع بندی نهایی ۱۲۲

۶-۲ روشهای پیشنهای برای کارهای آینده ۱۲۳

مراجع ۱۲۵

فهرست جدول ها

جدول ۱- ۱ مشخصات ماهواره های گالیله ۷
جدول ۱- ۲ عملکرد موقعیت یابی خدمات آزاد گالیله ۱۶
جدول ۱- ۳ عملکرد زمانی خدمات آزاد گالیله ۱۶
جدول ۱- ۴ عملکرد خدمات نظم عمومی گالیله ۱۷
جدول ۱- ۵ عملکرد خدمات امنیتی گالیله ۱۸
جدول ۲- ۱ مشخصات سیگنال های گالیله ۲۶
جدول ۲- ۲ طول کد ۲۹
جدول ۲- ۳ تخصیص کد ثانویه به سیگنال ها ۳۱
جدول ۲- ۴ نوع پیام ناوبری سیگنال ها در سامانه گالیله ۳۲
جدول ۲- ۵ ساختار قاب پیام های ناوبری گالیله ۳۴
جدول ۲- ۶ پارامترهای کدینگ داده ۳۶
جدول ۲- ۷ طرح بندی صفحه F/NAV ۳۷
جدول ۲- ۸ پارامترهای افمریس گالیله و جایگاه آن در پیام ناوبری F/NAV ۳۸
جدول ۲- ۹ صفحه نامی I/NAV با تخصیص بیت ۴۰
جدول ۲- ۱۰ صفحه هشدار I/NAV با تخصیص بیت ۴۱
جدول ۲- ۱۱ طرح بندی بخش صفحه I/NAV ۴۱
جدول ۲- ۱۲ نرخ چیپ و زیرحامل E1 SOL CBOC ۴۶
جدول ۳- ۱ پارامتر های ورودی بکار گرفته شده در بعضی از مدل های تاخیر تروپوسفر ۵۷
جدول ۳- ۲ مقادیرتغییرات فصلی پنج پارارمتر هواشناسی استفاده شده در مدل EGNOS ۶۳
جدول ۴- ۱ اطلاعات شبکه فضایی سامانه گالیله..... ۸۹
جدول ۴- ۲ اطلاعات شبکه فضایی سامانه GPS ۹۰
جدول ۴- ۳ اطلاعات مشترک سناریو ۹۱
جدول ۵- ۱ مشخصات نمونه ای از پارامترهای داده ی پیام ماهواره ها ۱۰۷

فهرست شکل‌ها

شکل۱- ۱ بخش های مختلف سامانه ماهواره ای گالیله ۲
شکل۱- ۲ طرح فرکانسی گالیله ۴
شکل۱- ۳ چهار ماهواره عملیاتی گالیله در مدار ۶
شکل۱- ۴ بخش فضایی گالیله ۶
شکل۱- ۵ ماهواره گالیله با سلول خورشیدی ۷
شکل۱- ۶ بخش کنترل زمینی گالیله ۸
شکل۱- ۷ مکان هندسی با داشتن فاصله از یک ماهواره ۱۱
شکل۱- ۸ مکان هندسی با داشتن فاصله از دو ماهواره ۱۱
شکل۱- ۹ مکان هندسی با داشتن فاصله از سه ماهواره ۱۲
شکل۱- ۱۰ محاسبه سه بعدی مکان گیرنده ۱۲
شکل۱- ۱۱ اندازه گیری تاخیر زمانی ۱۴
شکل۱-۱۲ سامانه SAR گالیله ۱۹
شکل۲- ۱ مولفه های سیگنال گالیله ۲۳
شکل۲- ۲ طیف فرکانسی سیگنال های گالیله ۲۴
شکل۲- ۳ مولفه های مختلف BOC ۲۸
شکل۲- ۴ مدولاسیون BOC ۲۸
شکل۲- ۵ تولید کد TIERED ۳۰
شکل۲- ۶ شماتیک تولید کد اولیه ۳۱
شکل۲- ۷ ساختار پیام ناوبری گالیله ۳۳
شکل ۲- ۸ کدینگ اینتر لیوینگ ۳۵
شکل ۲- ۹ طرح کدینگ کانولوشن پیام ناوبری ۳۵
شکل۲- ۱۰ ساختار پیام ناوبری F/NAV ۳۶
شکل۲- ۱۱ حجم و سرعت داده های ارسالی پیام ناوبری F/NAV ۳۷
شکل۲- ۱۲ ساختار پیام ناوبری I/NAV ۳۹
شکل۲- ۱۳ حجم و سرعت داده های ارسالی پیام ناوبری I/NAV ۴۲
شکل۲- ۱۴ رابطه بین زمان گالیله و GPS ۴۴
شکل۲- ۱۵ چگالی طیفی توان E1 OS ۴۵
شکل۲- ۱۶ بلوک دیاگرام تولید سیگنال E1 CBOC ۴۶
شکل۲- ۱۷ یک دوره تناوب از زیرحامل CBOC برای A) مولفه سیگنال L1-B و B) مولفه سیگنال L1-C ۴۷
شکل۳- ۱ نمونه ای از منابع خطا ۵۰
شکل۳- ۲ نقاط اوج و حضیض مدار یک ماهواره ۵۲
شکل۳- ۳ ساختار اتمسفر ۵۴
شکل۳- ۴ تاخیرات تروپوسفری ۵۵
شکل۳- ۵ تاخیر تروپوسفر محاسبه شده توسط مدل هاپفیلد ۵۹
شکل۳- ۶ ارزیابی GPS و مدل تصحیح خطا EGNOS برای تأخیر تروپورسفر ۶۴
شکل۳- ۷ زیر لایه های یونوسفر در شب و روز ۶۶
شکل۳- ۸ چگالی الکترون و دمای لایه های جو ۶۸

شکل۳- ۹ چندمسیری سیگنال های ماهواره ای ۷۳
شکل۳- ۱۰ تأخیر چندمسیری در سیگنال مستقیم ۷۳
شکل۳- ۱۱ تعیین DOP ۷۵
شکل۴- ۱ شروع اجرای نرم افزار GSSF ۸۴
شکل۴- ۲ فضای کاربر GSSF ۸۷
شکل۴- ۳ ایستگاه های حساس گالیله (GSS) در بخش زمینی ۸۸
شکل۴- ۴ بخش فضایی سامانه گالیله ۹۲
شکل۴- ۵ ایستگاه های حساس گالیله (GSS) در بخش زمینی ۹۲
شکل ۴-۶ تعداد ماهواره های گالیله در دید در طول یک شبانه روز ۹۳
شکل۴- ۷ تعداد ماهواره های GPS در دید در طول یک شبانه روز ۹۳
شکل۴- ۸ میانگین دقت افقی سامانه گالیله در مدت ۱۰ روز ۹۴
شکل۴- ۹ میانگین دقت افقی ترکیب دو سامانه گالیله و GPS در مدت ۱۰ روز ۹۴
شکل۴- ۱۰ میانگین صحت سنجی افقی سامانه گالیله در نقاط مختلف ۹۶
شکل۴- ۱۱ میانگین صحت سنجی عمودی سامانه گالیله در نقاط مختلف ۹۶
شکل۴- ۱۲ میانگین INTEGRITY افقی ترکیب دو سامانه گالیله و GPS ۹۷
شکل۴- ۱۳ میانگین INTEGRITY عمودی ترکیب دو سامانه گالیله و GPS ۹۷
شکل۴- ۱۴ قابلیت دسترسی به خدمات صحت سنجی بدون خطا در طول شبانه روز ۹۸
شکل۴- ۱۵ میانگین GDOP سامانه گالیله ۹۸
شکل۴- ۱۶ میانگین GDOP اجرای سامانه گالیله و GPS ۹۹
شکل۴- ۱۷ شبکه ماهواره ای بالای ایستگاه KIRUNA در مدت ۱ ثانیه ۱۰۰
شکل۴- ۱۸ شبکه ایستگاه های ULS در سطح زمین ۱۰۰
شکل۴- ۱۹ میانگین تعداد ایستگاه های در دید ماهواره شماره ۱ گالیله ۱۰۱
شکل۴- ۲۰ نمونه ای از داده ی RINEX.03 ..... ۱۰۲
شکل۵-۱ داده آلماناک گالیله ۱۰۷
شکل۵- ۲ نمایی از نحوه تولید سیگنال پیام ۱۰۸
شکل۵- ۳ کد اولیه شماره یک سیگنال E1-B ۱۰۹
شکل۵- ۴ مراحل تولید سیگنال IF گالیله ۱۰۹
شکل۵- ۵ تعداد ماهواره های GPS و گالیله در دید گیرنده ۱۱۱
شکل۵- ۶ طیف سیگنال ماهواره های گالیله و GPS ۱۱۱
شکل۵-۷ طیف سیگنال ماهواره های گالیله و GPS با در نظر گرفتن نویز گوسی محیط ۱۱۲
شکل۵- ۸ طیف سیگنال همه ماهواره های در دید گالیله بدون در نظر گرفتن نویز گوسی محیط ۱۱۲
شکل۵- ۹ طیف سیگنال ماهواره های در دید گالیله با در نظر گرفتن نویز گوسی محیط ۱۱۲
شکل۵- ۱۰ سیگنال ماهواره های در دید GPS بدون در نظر گرفتن نویز گوسی محیط ۱۱۳
شکل۵- ۱۱ طیف سیگنال ماهواره های در دید GPS با در نظرگرفتن نویز گوسی محیط ۱۱۳
شکل۵- ۱۲ تغییرات فرکانس مرکزی ماهواره های در دید GPS ۱۱۳
شکل ۵- ۱۳ نتایج خروجی correlation در قسمت ره یابی ۱۱۴
شکل۵- ۱۴ نتایج خروجی قسمت ردیابی ۱۱۴

شکل۵- ۱۵ شبیه ساز مدل GSS6700 به همراه رایانه ی کنترل گر ۱۱۶
شکل۵- ۱۶ بلوک دیاگرام گیرنده GNSS ۱۱۷
شکل۵- ۱۷ ره یابی سیگنال ماهواره های گالیله در سپتامبر ۲۰۱۳ .....۱۱۹
شکل۵- ۱۸ ره یابی سیگنال PFM گالیله (PRN 11) ۱۱۹
شکل۵- ۱۹ سیگنال مدوله شده BOC قابل مشاهده در طبقه ردیابی ۱۲۰

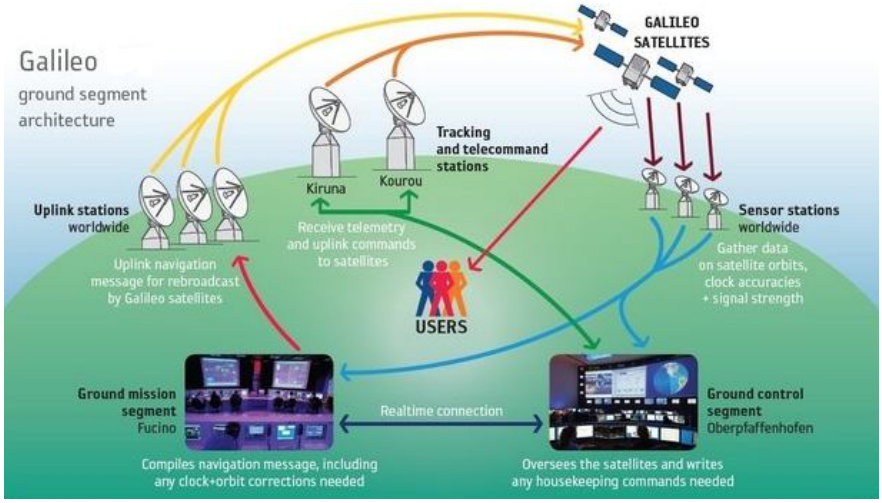
فصل اول

تعاریف و مفاهیم اولیه

۱-۱ مقدمه

گالیله[۱] یکی از شبکه های ماهواره ای ناوبری است که در حال حاضر از سوی اتحادیه اروپا و آژانس فضایی اروپا در دست توسعه و اجرا قرار دارد. سامانه تعیین موقعیت گالیله با اهداف زیر ساخته شده است: ۱ ـ افزایش دقت موقعیت یابی کاربران نسبت به آنچه که در حال حاضر قابل دستیابی است. ۲ ـ پوشش بهتر سیگنال های ماهواره ای در عرض های جغرافیایی بالا نظیر کشورهای اسکاندیناوی. ۳ ـ توسعه سامانه تعیین موقعیت جهانی که همیشه حتی در زمان جنگ، مستقل از سامانه های GPS[۲] آمریکا و GLONASS[۳] روسیه و COMPASSچین بتواند قابل استفاده باشد. استقلال کامل ناوبری ماهواره ای اروپا در دو گام بدست خواهد آمد، ابتدا با شروع راه اندازی سامانه EGNOS در سال ۲۰۰۴ و سپس با سامانه ناوبری گالیله. گالیله اولین سامانه ناوبری و موقعیت یاب ماهواره ای غیرنظامی است که برای استفاده عموم مردم آزاد است. گالیله برای برنامه های کاربردی تجاری و امنیتی، خدمات ناوبری مطمئنی را ارائه خواهد داد که این مهمترین برتری گالیله نسبت به سامانه های ناوبری حال حاضر است [۱].

سامانه ناوبری گالیله شامل ۳ زیر مجموعه خواهد بود: زیر مجموعه فضایی[۴]، زیر مجموعه زمینی[۵] و زیر مجموعه کاربر[۶].



شکل ۱-۱ بخش های مختلف سامانه ماهواره ای گالیله

---

[۱] Galileo
[۲] GPS
[۳] Glonass
[۴] Space Segment
[۵] Control Segment
[۶] User segment

زیر مجموعه فضایی شامل ۲۷ ماهواره اصلی و ۳ ماهواره فعال یدکی است که در ۳ مدار با شیب ۵۶ درجه و در فاصله ۲۳۲۲۲ کیلومتری زمین قرار می گیرند و هر ۱۴ ساعت یک بار کره زمین را دور می زنند. این ماهواره‌ها نیروی خود را از خورشید تامین می‌کنند. همچنین باتری‌هایی نیز به همراه دارند که برای زمان های خورشید گرفتگی و یا مواقعی که در سایه زمین حرکت‌کنند. در شهرهایی که دارای ساختمان های بلند می باشند و به سبب همین ساختمان ها اختلالاتی در پوشش فرکانسی داریم، پوشش مناسب ماهواره های گالیله کمک می کند تا بتوان پوشش مناسبی داشته باشیم. با بیست و هفت ماهواره عملیاتی که در مدار قرار می گیرند، ۹۰ درصد این احتمال وجود دارد که شخص در هر نقطه بر روی کره زمین از جمله قطب شمال و جنوب در خط مستقیم تحت پوشش حداقل چهار ماهواره قرار گیرد. برای بسیاری از نقاط، شش تا هشت ماهواره در خط مستقیم خواهد بود، به همین دلیل می توان برای تعیین موقعیت با دقت حدود یک متر فائق آمد. GPS در حال حاضر دقت بین سه تا هشت متر دارد.

بخش کنترل مسئول مدیریت مجموعه ماهواره های ناوبری، ارتباط با مراکز خدمات و کنترل عملکرد اهداف اصلی ناوبری از جمله تعیین مدار ماهواره ها، همزمان سازی زمان، تعیین و انتشار آلارم های هشدار دهنده در صورت نیاز در سطح جهان می باشد.

بخش کاربر با توجه به سیگنال های مختلف گالیله شامل انواع گیرنده با قابلیت های مختلف می باشد که وظیفه دریافت و آنالیز اطلاعات و استخراج موقعیت جغرافیایی، سرعت و زمان را بر عهده دارد.

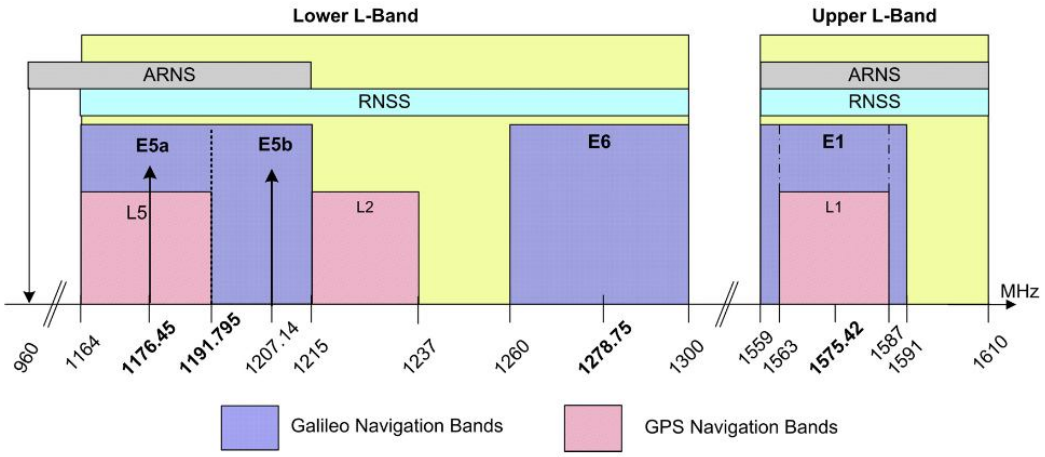
هر ماهواره گالیله ۴ نوع داده ناوبری مختلف از جمله داده خدمات رایگان، داده خدمات امنیتی، داده خدمات تجاری و داده خدمات نظم عمومی را در قالب ۱۰ سیگنال ناوبری ارسال می کند. هر سیگنال ارسالی ماهواره شامل کد فاصله یاب[۱](RC)، داده پیام[۲] و موج حامل است. فاصله ماهواره تا کاربر بر اساس کدهای فاصله یاب اندازه گیری می شود. سه نوع کد فاصله یاب (RC) قابل دسترس خواهد بود: RC با دسترسی آزاد، RC رمز گذاری شده با رمز تجاری، RC رمزگذاری شده با رمز دولتی. کد های فاصله یاب گالیله از کد هایی بنام Tiered تشکیل شده اند که شامل دو کد اولیه و کد ثانویه است. کد های اولیه براساس کد های طلایی (gold code) معمولی با طول ثبات ۲۵ ساخته شده اند. کدهای ثانویه از دنباله های از پیش تعریف شده با طول ۴ تا ۱۰۰ تشکیل شده اند [۱].

---

[۱] Ranging Code (RC)
[۲] Navigation Message

داده پیام، شامل اطلاعاتی از قبیل موقعیت و سرعت ماهواره، اطلاعات مربوط به تاریخ، زمان و وضعیت سلامت هر ماهواره می باشد که در قالب های معین، از هر ماهواره با نرخ های متفاوت ارسال می شود [۱]

هر ماهواره گالیله ۱۰ سیگنال ناوبری را با ۴ حامل فرکانسی E5a، E5b، E6، E1 ارسال می کند. مطابق شکل (۱-۲) سیگنال های حامل گالیله در باندهای اختصاص داده شده به خدمات ماهواره ای ناوبری رادیویی (RNSS [۱]) ارسال خواهند شد، علاوه بر آن سیگنال های حامل E5a,E5b و E1 در باند اختصاص داده شده به خدمات ناوبری رادیویی هوانوردی (ARNS[۲]) ارسال خواهند شد [۲].



شکل ۱-۲ طرح فرکانسی گالیله [۱]

۱-۲- سامانه ناوبری ماهواره ای گالیله

گالیله اولین سامانه ناوبری و موقعیت یاب ماهواره ای غیرنظامی است که برای استفاده عموم مردم آزاد است. در سال ۱۹۹۹ ایده های متفاوتی از کشورهای فرانسه، آلمان، ایتالیا و انگلیس برای یک سامانه ناوبری مطرح شد، ولی بعد با تشکیل یک تیم از مهندسان هر چهار کشور همه ایده ها به یک ایده جامع تبدیل گشت. مرحله اول پروژه سامانه ناوبری گالیله به طور رسمی در ۲۶ می سال ۲۰۰۳ توسط اتحادیه اروپا و آژانس فضایی اروپا پذیرفته شد. این سامانه بر خلاف سامانه امریکایی GPS که بطور عمده توسط ارتش امریکا کنترل و اجرا می شود; برای مقاصد غیر نظامی در نظر گرفته شده است. با توجه به این که در امریکا قانونی برای محدود کردن

[1] Radio Navigation Satellite Services
[۲] Aeronautical Radio Navigation Services

دقت GPS وجود دارد به گونه ای که دسترسی کاربران غیر نظامی را در زمان جنگ یا بطور کلی محدود می کند، نظیر خطای عمدی SA[1] که تا سال ۲۰۰۰ میلادی دقت سیگنال قابل استفاده برای کاربران غیر نظامی را محدود می کرد؛ اروپا را بر آن داشت تا سامانه ای طراحی کند که با اهداف نظامی خاموش نشود و در مقایسه با دقت GPS دارای دقت یکسان برای تمام کاربران باشد. این سامانه علاوه بر خدمات اصلی که بطور رایگان برای هر کاربر با گیرنده سازگار با گالیله قابل دسترس خواهد بود، خدمات تجاری با پهنای باند رمزشده قویتر که با یک هزینه اضافی و یک دقت بیشتر همراه می باشد نیز در اختیار کاربران قرار خواهد داد. در توافقنامه امضا شده با ایالات متحده، اتحادیه اروپا با مدولاسیون $BOC^{2}(1,1)$ جهت همسازگاری گالیله و GPS با هم و استفاده ترکیبی هر دو سامانه در آینده موافقت کرد. با این توافقنامه در زمان جنگ به نیروهای اروپا و امریکا اجازه داده می شود تا بدون نیاز به ناتوان کردن کامل سامانه های یکدیگر بتوانند سیگنال های همدیگر را بلوکه کنند [۳][۴].

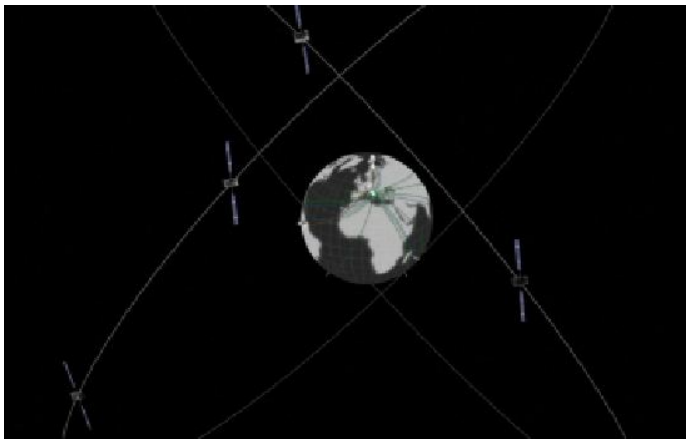
۱-۲-۱- بخش فضایی

آژانس فضایی اروپا در تاریخ ۲۸ دسامبر ۲۰۰۵ میلادی ماهواره GLOVE (GSTB-2A) که یکی از دو ماهواره آزمایشی گالیله بود را به وسیله موشک سایوز در ساعت ۰۵:۱۹ به وقت UTC[3] از ایستگاه باکنور قزاقستان به فضا پرتاب کرد. این ماهواره در ساعت ۲۱:۵۱ به وقت UTC همانطور که برنامه ریزی شده بود در حالی که به دور زمین می چرخید در ارتفاع ۲۳۲۲۲ کیلومتری از سطح زمین در مدار خود قرار گرفت. این ماهواره که به وسیله شرکت SSTL[4] ساخته شده دارای یک آنتن فرستنده است. اولین سیگنال های ناوبری آن در ۱۲ ژانویه ۲۰۰۶ در رصد خانه CHILBOLTON واقع در HAMPSHIRE انگلستان و نیز ایستگاه آژانس فضایی اروپا در REDU بلژیک دریافت شد. ماهواره دوم که GLOVE-B نام دارد دارای تجهیزات پیشرفته تری می باشد از جمله دو ساعت اتمی که یکی از آنها ساعت اتمی روبیدیم و دیگری یک ساعت اتمی هیدروژن میزر غیرفعال است و در آوریل سال ۲۰۰۸ پرتاب شد. هدف اولیه از پرتاب هر دو ماهواره دستیابی به رسیدن فرکانس مورد نیاز مطابق ITU[5] می باشد که برای استفاده از فرکانس های منتشر شده تا پایان عمر ماهواره لازم است. البته ماهواره GLOVE-B اهداف دیگری از قبیل توصیف خصوصیات محیطی خود و نیز ارسال سیگنال در فضا و آزمایشات گیرنده را نیز دنبال می کند. در۲۱ اکتبر ۲۰۱۱، دو ماهواره از ۴ ماهواره عملیاتی گالیله جهت اعتبارسنجی سامانه پرتاب شد. در ۱۲ اکتبر ۲۰۱۲ دو ماهواره دیگر پرتاب شد که

---

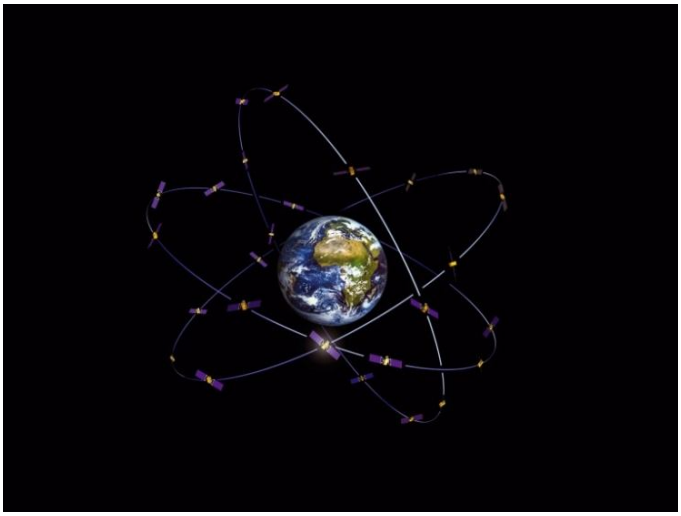
[1] Selective Availability
[2] binary offset carrier
[3] Coordinated Universal Time
[4] Surrey Satellite Technology Ltd
[5] International Telecommunication Union

برای اولین بار آنتن های جستجو و نجات را بعنوان بخشی از سامانه بین المللی Cospas-Sarsat حمل می کردند (شکل (۱-۳)). پرتاب موفق دوم گالیله گام بزرگ دیگری در جهت شروع بهره برداری ازخدمات گالیله بود [۳][۴][۵].



شکل ۱-۳ چهار ماهواره عملیاتی گالیله در مدار[۵]

انتظار می رود تا سال ۲۰۱۹ تکمیل نهایی ۳۰ ماهواره سامانه گالیله صورت گیرد. این ماهواره ها در ۳ مدار (هر کدام، شامل ۹ ماهواره فعال و یک ماهواره یدکی جایگرین) در ارتفاع ۲۳۲۲۲ کیلومتری زمین با زاویه شیب ۵۶ درجه، در حال چرخش اند. زاویه بین صفحه مدارها، ۱۲۰ درجه است تا کل ۳۶۰ درجه را پوشش دهند. شعاع این مدارها ۲۹۶۰۰ کیلومتر است و ماهواره ها هر ۱۴ ساعت یک بار زمین را دور می زنند. ۹ ماهواره عملیاتی موجود در هر مدار، دارای فاصله مساوی ۴۰ درجه ای از هم هستند. شکل (۱-۴) بخش فضایی سامانه گالیله را نشان می دهد [۱][۵].



شکل ۱-۴ بخش فضایی گالیله[۵]