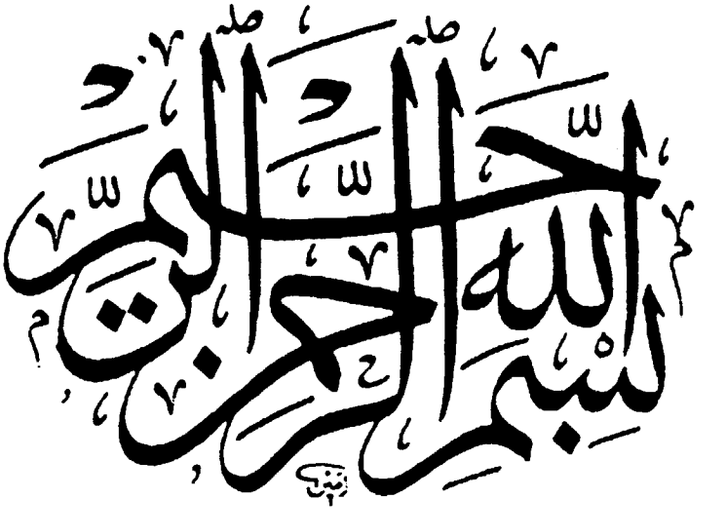

١٤٣٨٣

۱۳۷۹/۱۲/۱۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی برق

عنوان :

افزایش دقت زمان سنجی گیرنده‌های ارزان قیمت GPS

011992

نگارنده :

محمّد حسین رفان

پایان نامه برای اخذ درجه دکترا

(مهندسی برق)

استاد راهنما :

دکتر کریم محمّدی

پاییز ۱۳۷۸

۲۵۴۳۱

تقدیم به همسر صبور و مهربانم

که همواره مشوق و همراهم بود

چکیده

در این تحقیق یک کارت ارزان قیمت گیرنده GPS مورد مطالعه قرار گرفت . ابتدا با طراحی و ساخت سخت افزار ، این گیرنده راه اندازی و اطلاعات خروجی آن دریافت و ذخیره گردید . سپس داده های خام دریافت شده آشکار و اطلاعات زمان و مکان از آنها استخراج شد . مطالعات اولیه نشان داد که داده های موقعیت دارای خطاهایی تا دامنه چند صد متر و داده های زمان دارای خطاهایی متجاوز از ٤٠ میکروثانیه میباشند. به منظور کاهش این خطاها چندین الگوریتم متوسط گیری پیشنهاد و پیاده شد . سپس نتایج اعمال این الگوریتم ها بر داده ها ارزیابی شد و بدین ترتیب الگوریتم های برتر مشخص و انتخاب شدند . آنگاه روش مناسب پردازش بلادرنگ بر روی داده های زمانی انجام شد که با انجام این پردازش ها ، خطاهای سیستم حداقل گشت . از آنجا که الگوریتم های متوسط گیری بر خطاهای کوتاه مدت مؤثر بوده و خطاهای دراز مدت را کمتر متأثر میکند ، فیلتر کالمن نیز بکار گرفته شد .

در روشهای رایج فیلتر کالمن ، فضای حالت بر مبنای مشخصه های آماری خطا تشکیل میگردد . در روش پیشنهادی خطای واقعی موقعیت در هر سیکل اندازه گیری شده و بصورت بلادرنگ مدل شدند . سپس بر اساس این مدل پویا ، معادلات حالت تشکیل شدند . پارامترهای این مدل ، در هر سیکل فیلتر بهنگام شده و در نتیجه خطاهای دراز مدت زمان با اطمینان بالایی تصحیح شدند .

تشکر و قدردانی

برخود لازم میدانم از استاد محترم راهنما آقای دکتر کریم محمدی بخاطر راهنمائیها و حمایت هایشان در مراحل مختلف تحقیق همچنین از اعضاء محترم هیأت داوران آقایان دکتر نادری ، دکتر وکیلی ، دکتر بصیری ، دکتر حسیبی و دکتر افکار که زحمت مطالعه و ارزیابی پایان نامه را متقبل شدند صمیمانه تشکر و قدرادانی نمایم .

عنوان صفحه

مقدمه ۱

فصل اول

سیستم موقعیت یاب جهانی GPS

۱-۱ مفهوم GPS ٤
۱-۲ اجزاء GPS ٤
۱-۳ ساختار سیگنال GPS ۷
۱-٤ فاصله یابی به کمک امواج الکترومغناطیسی ۹
۱-٥ اندازه گیری شبه فاصله ۱۲
۱-٦ ساختار پیام ناوبری ۱۲
۱-۷ تولید کد ۱۷
۱-۸ مفهوم کانالها در گیرنده ۲۰
۱-۸-۱ کانال همبسته ۲۳
۱-۸-۲ کانال مربعی ۲٤
۱-۸-۳ کانال فاز کد ۲٥
۱-۹ SA و AS ۲٦
۱-۱۰ خطا و منابع آن در GPS ۲۸
۱-۱۱ روش DGPS ۲۹
۱-۱۲ نقش زمان و زمان سنجی در GPS ۳۰
۱-۱۳ کاربردهای GPS ۳۲
۱-۱٤ گیرنده های GPS ۳۳
۱-۱٥ نتیجه گیری ۳٥

فصل دوم

گیرنده ارزان قیمت Microtracker LP

۲-۱ مقدمه ۳۶

۲-۲ ویژگی ها و مشخصات فنی گیرنده ۳۶

۲-۳ ارتباط سخت افزاری با گیرنده ۳۶

۲-٤ پیامهای NMEA - 0183 ..... ٤۱

۲-٤-۱ ساختار پیامهای NMEA ٤۱

۲-٤-۱-۱ جملات مصوب ٤۱

۲-٤-۱-۲ جملات اختصاصی راکول ٤۳

۲-٤-۱-۳ جملات درخواستی ٤٥

۲-٥ پیام های باینری ٤۷

۲-٥-۱ ساختار داده های باینری ٤۸

۲-٥-۱-۱ ساختار SPI ٤۸

۲-٥-۱-۲ ساختار DPI ٤۹

۲-٥-۱-۳ ساختار FP ٤۹

۲-٥-۱-٤ ساختار EFP ٥۰

۲-٥-۲ ساختار پیام های باینری ٥۰

۲-٥-۲-۱ ساختار عنوان ٥۱

۲-٥-۲-۲ بخش داده ها ٥۲

۲-٥-۳ پیام های خروجی باینری ٥۳

۲-٥-٤ پیام های ورودی باینری ٥٦

۲-٦ جمع بندی ٥۷

فصل سوم

سخت افزار و نرم افزار

۳-۱ مقدمه ۵۸

۳-۲ سخت افزار ۵۸

۳-۳ نرم افزارها ۵۹

۳-۳-۱ نرم افزارهای ارتباطی ۶۰

۳-۳-۱-۱ نرم افزار Logfile ۶۰

۳-۳-۱-۲ نرم افزار Testbin ۶۰

۳-۳-۱-۳ نرم افزار Ones ۶۱

۳-۳-۱-٤ نرم افزار Online ٦٦

۳-۳-۲ نرم افزارهای مبدل ٦٦

۳-۳-۲-۱ نرم افزارهای مبدل bin 102 الی bin 117 ..... ٦٨

۳-۳-۲-۲ نرم افزار gpsuprn ۷۳

۳-۳-۲-۳ نرم افزار Tugdata ۷٤

۳-۳-۲-٤ نرم افزار Gpsxyz ۷٤

۳-۳-۲-٥ نرم افزار Xyztdata ۷۸

۳-۳-۲-٦ نرم افزار Dxyz ۷۸

۳-۳-۲-۷ نرم افزارهای دیگر تهیه فایل موقعیت ۸۰

۳-۳-۲-۸ نرم افزارهای range و range-12 ..... ۸۰

۳-۳-۳ نرم افزارهای فرمانده ۸۷

۳-۳-٤ نرم افزارهای رسام ۸۹

۳-۳-٤-۱ نرم افزارهای Xyztgrap ۸۹

۳-۳-٤-۲ نرم افزارهای Gpsutcg ۸۹

۳-۳-٤-۳ سایر نرم افزارهای رسام ۹۳

۳-۳-۵ نرم افزارهای تحلیل گر ۹۳
۳-۳-۵-۱ نرم افزار avgxyz ۹۳
۳-۳-۵-۲ نرم افزار difns ۹٤
۳-۳-۵-۳ نرم افزار variants ۹۷
۳-۳-۵-٤ نرم افزار cnights ۹۷
۳-۳-۵-۵ نرم افزار differs ۱۰۰
۳-۳-۵-٦ نرم افزار rxyz ۱۰۰
۳-٤ جمع بندی ۱۰۵

فصل چهارم

زمان و زمان سنجی در GPS

٤-۱ مقدمه ۱۰٦
٤-۲ مراجع زمان و زمان سنجی ۱۰٦
٤-۲-۱ مراجع جهانی UTC ۱۰۸
٤-۲-۲ ساعت GPS ۱۰۹
٤-۲-۳ پالس زمانی 1PPS ۱۱۰
٤-۳ انتقال زمان با دقت بسیار زیاد ۱۱۱
٤-۳-۱ مشاهده مشترکCV ۱۱۲
٤-۳-۲ روش PSP ۱۱۳
٤-۳-۳ روش DGPS ۱۱٤
٤-۳-٤ بکارگیری همزمان GPS و GLONASS ۱۱٤
٤-٤ تکنیک تنظیم ساعت ۱۱٦
٤-۵ کارهای انجام شده قبلی ۱۱٦

۴-۵-۱ انتقال زمان از پاریس تا توکیو ۱۱۷

۴-۵-۲ مدول XR5-PC12 ..... ۱۱۹

۴-۵-۳ تنظیم ساعت با حضور S/A ۱۱۹

۴-۵-۴ زمان سنج TIOGET-T ۱۲۰

۴-۶ جمع بندی ۱۲۲

فصل پنجم

جمع آوری و پردازش اطلاعات

۵-۱ مقدمه ۱۲۳

۵-۲ جمع آوری اطلاعات ۱۲۳

۵-۳ بررسی اثر S/A بر موقعیت ۱۲۴

۵-۴ بررسی داده های زمان ۱۳۲

۵-۴-۱ بررسی جداول داده ها ۱۳۴

۵-۴-۲ بررسی نمودارهای UTOD ۱۴۲

۵-۴-۳ بررسی نمودارهای GTOW ۱۴۶

۵-۵ نتیجه گیری ۱۵۱

فصل ششم

افزایش دقت زمان سنجی

۶-۱ مقدمه ۱۵۲

۶-۲ متوسط گیری منفصل ۱۵۳

۶-۲-۱ رفع مشکل در حالت نوسانی ۱۵۵

۶-۳ متوسط گیری ۲۴ ساعته ۱۶۳

٦-٤ متوسط گیری از مبداء ۱۷۲
٦-٥ متوسط گیری بازگشتی ۱۸۰
٦-٦ متوسط گیری قطعه خطی ۱۸۱
٦-٧ بکارگیری فیدبک ۱۸۲
٦-٨ متوسط گیری به کمک درونیابی ۱۸٦
٦-٨-١ اجرای الگوریتم «و» با درجات دیگر ۱۸۸
٦-٩ خطاهای زمان سنجی و تأثیر روشهای متوسط گیری بر آنها ۱۹٥
٦-٩-١ خطاهای زمان سنجی ۱۹٥
٦-٩-٢ تأثیر هر یک از الگوریتم ها بر خطاهای چهارگانه ۱۹۷
٦-٩-٣ بررسی آماری سه روش برتر ۲۰۰
٦-١٠ اجرای بلادرنگ الگوریتم های متوسط گیری ۲۰۲
٦-١١ نتیجه گیری ۲۰٥

فصل هفتم

پردازش داده ها به کمک فیلتر کالمن

٧-١ مقدمه ۲۰٦
٧-٢ فیلتر کالمن ۲۰۷
٧-٣ تصحیح زمان به کمک فیلتر کالمن ۲۱۱
٧-٤ مدل سازی خطای موقعیت ۲۱۳
٧-٤-١ محاسبه ضرایب ۲۱٥
٧-٤-٢ توصیف مدل در فضای حالت ۲۱۸
٧-٥ نتایج حاصل از فیلتر ۲۲۰
٧-٦ فیلتر کالمن با استفاده از مدل آماری خطای S/A ۲۲۱
٧-٧ نتیجه گیری ۲۲٥

نتیجه ۲۲۶

پیشنهادهاتی جهت فعالیت های آینده ۲۲۷

مراجع ۲۲۸

فهرست اشکال

عنوان صفحه

فصل اول

شکل ۱-۱- منظره یک ماهواره از زمین ۵
شکل ۲-۱- صفحات مداری GPS ٦
شکل ۳-۱- سه بخش عمده یک سیستم GPS ۷
شکل ٤-۱- فاصله یابی به کمک امواج الکترومغناطیسی ۱۰
شکل ٥-۱- اندازه گیری شبه فاصله ۱۳
شکل ٦-۱- ساختار پیام ناوبری ۱۳
شکل ۷-۱- یک قاب از پیام ناوبری ۱٥
شکل ۸-۱- بخش داده ۱ ، تصحیحات ساعت ماهواره واقع در زیر قاب ۱ ..... ۱٦
شکل ۹-۱- بخش داده ۲ شامل داده های مسیر ماهواره ها واقع در..... ۱٦
شکل ۱۰-۱- بخش رزرو جهت پیام (زیر قاب ٤) و بخش داده ۳ (زیر قاب ٥) ۱۷
شکل ۱۱-۱- یک شیفت رجیستر TFSR ۱۸
شکل ۱۲-۱- مولد کد C/A ۱۹
شکل ۱۳-۱- طیف کسترده سیگنال GPS ۲۱
شکل ۱٤-۱ الف- چگونگی مدولاسیون کد ۲۱
شکل ۱٤-۱ ب- بلوک دیاگرام مدولاتور ۲۱
شکل ۱٥-۱- سیگنالهای مدوله شده متعامد ۲۲
شکل ۱٦-۱- بلوک دیاگرام ساده شده آشکارساز کد و حامل ۲۳
شکل ۱۷-۱- آشکارسازی فاز حامل به روش مربعی ۲٥
شکل ۱۸-۱- گیرنده کانال کد و فاز ۲٦

شکل ۱۹-۱- سیستم DGPS ۳۰
شکل ۲۰-۱- بلوک دیاگرام ساده شده یک گیرنده GPS از نوع L_1 C/A Code ۳۵

فصل دوم

شکل ۱-۲- معماری داخلی گیرنده ۳۸
شکل ۲-۲- بکارگیری گیرنده MLP ۳۸
شکل ۳-۲- موقعیت قرار گرفتن پایه ۱ کانکتور ۲۰ پایه ۳۹
شکل ٤-۲- ساختار SPI ٤۹
شکل ٥-۲- ساختار DPI ٤۹
شکل ٦-۲- ساختار FP ٤۹
شکل ۷-۲- ساختار EFP ٥۰
شکل ۸-۲- ساختار یک پیام باینری ٥۱

فصل سوم

شکل ۱-۳- بلوک دیاگرام سخت افزار ٥۹
شکل ۲-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار logfile ٦۳
شکل ۳-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار Testbin ٦٤
شکل ٤-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار Ones ٦٥
شکل ٥-۳- تصویری از صفحه مانیتور در حال اجرای برنامه Online ٦٦
شکل ٦-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار Online ٦۷
شکل ۷-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار مبدل bin103 ..... ۷۲
شکل ۸-۳- فلوچارت ساده شده برنامه gpsuprn ۷٥
شکل ۹-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار Tugdata ۷٦
شکل ۱۰-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار gpsxyz ۷۷

شکل ۱۱-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار مبدل xyztdata ۷۹
شکل ۱۲-۳- فلوچارت ساده شده برنامه dxyz ۸۳
شکل ۱۳-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار range ۸۵
شکل ۱٤-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار 12 - range ۸٦
شکل ۱۵-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزارهای فرمانده ۸۸
شکل ۱٦-۳- نمونه از خروجی نرم افزار Xyztgrap ۹۰
شکل ۱۷-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار Xyztgrap ۹۱
شکل ۱۸-۳- نمونه ای از خروجی نرم افزار gpsutcg ۹۰
شکل ۱۹-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار gpsutcg ۹۲
شکل ۲۰-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار avgxyz ۹٦
شکل ۲۱-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار difns ۹۸
شکل ۲۲-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار Variants ۹۹
شکل ۲۳-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار Cnights ۱۰۲
شکل ۲٤-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار differs ۱۰۳
شکل ۲۵-۳- فلوچارت ساده شده نرم افزار Rxyz ۱۰٤

فصل چهارم

شکل ۱-٤- منحنی تغییرات دقت زمان سنجی از سال ۱٦۷۹ به بعد ۱۰۸
شکل ۲-٤- تقارب بین UTC و TAI طی ٤۰ سال گذشته ۱۱۰
شکل ۳-٤- بلوک دیاگرام انتقال زمان به روش CV ۱۱۳
شکل ٤-٤- اختلاف مراجع GPS و GLONASS از سال ۹۲ تا ۹۷ ..... ۱۱۵
شکل ۵-٤- بلوک دیاگرام ساده شده تنظیم ساعت رابیدیم ۱۱۷
شکل ٦-٤- دیاگرام شماتیک سیستم انتقال زمان با اصلاح خطای تأخیر بین ۱۱۸
شکل ۷-٤- نتایج حاصل از اندازه گیری تفاضل زمان UTC بین ژاپن و فرانسه ۱۱۸