دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی کامپیوتر

پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش شبکه‌های کامپیوتری

بهبود دقت تکنیک‌های مکان‌یابی در شبکه‌های موردی بین خودرویی

هیمن زرزا

استاد راهنما

دکتر صالح یوسفی

بهمن ۱۳۹۲

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

بهبود دقت تکنیک‌های مکان‌یابی در شبکه‌های موردی بین خودرویی

دانشجو:

هیمن زرزا

این پایان‌نامه به عنوان بخشی از فعالیت‌های علمی - پژوهشی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی **فناوری اطلاعات** گرایش **شبکه‌های کامپیوتری** در تاریخ ..... توسط هیئت داوران ذیل مورد پذیرش قرار گرفت.

استاد راهنمای اول: دکتر صالح یوسفی

داور خارجی: بهدیس اسلام‌نور

داور داخلی: دکتر جمشید باقرزاده

نماینده تحصیلات تکمیلی:

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشگاه ارومیه است.

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی و مهندسی

تعهد نامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه ارومیه مبین بخشی از فعالیت‌های علمی - پژوهشی دانشجو می‌باشد که با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، برای آگاهی دانشجو و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان گرامی نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد میشوند:

۱. قبل از چاپ پایان نامه خود، مراتب را بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.

۲. در انتشار نتایج پایان نامه در قالب مقاله، همایش، اختراع، اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه ارومیه الزامی است.

۳. انتشار نتایج پایان نامه باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **هیمن زرزا** دانشجوی گرایش **شبکه‌های کامپیوتری** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن‌را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تاریخ و امضا دانشجو

تقدیم به هر آنکه می‌داند، دانسته‌هایش را می‌فهمد و
فهمیده‌هایش را به کار می‌گیرد.
هر که دانست و فهمید و استفاده کرد لایق داشتن است.

سپاسگزاری

حمد بی‌کران درگاه احدیت راست که در توفیق به رویم گشود. راه تحقیق برایم نمود تا بتوانم روزنه‌ای هرچند کوچک به دنیای برخی مجهولات به روی خویش، باز کنم.

وظیفه خود می‌دانم از اوّلین آموزگاران زندگیم، آنان که بذر معرفت ودانایی را بر خاک ضمیرم پاشیدند و با چشمه‌سار زلال محبّت، نیکی و عطوفت آن را آبیاری کردند، پدر و مادر عزیزم، آن وارثان آبی آسمان صداقت و آیینه زلال آب‌ها صمیمانه یادی کرده باشم و خاک پایشان را توتیای چشمانم کنم.

به پایان رساندن این پایان‌نامه را مرهون الطاف بی‌پایان استاد ارزشمند جناب آقای دکتر صالح یوسفی، استاد راهنمای این پایان‌نامه می‌دانم که در مراحل تدوین، وقت و بی‌وقت مصدّع اوقات شریف-شان شدم و با سعه‌ی صدر تمام به سؤالاتم پاسخ گفته و از هیچ ارشاد و ترغیبی دریغ نورزیدند و بنده بر این خوشه‌چینی از خرمن و اندیشه و دانایی این استاد فاضل به خود می‌بالم و بهترین سپاس‌ها را به محضر مبارک ایشان عرضه می‌دارم و منت‌دار الطاف و مساعدت‌هایشان می‌باشم.

همچنین تشکر و قدردانی می‌نمایم از جناب آقای دکتر جمشید باقرزاده مدیر گروه محترم گروه کامپیوتر و سرکار خانم دکتر بهدیس اسلام‌نور که برای داوری این پایان‌نامه قبول زحمت نمودند و وقت گران‌بهای خود را در اختیار اینجانب قرار دادند.

چکیده

یکی از مسائل اصلی در کاربردهای ایمنی شبکه‌های موردی بین خودرویی (VANETs) اطلاع از مکان و موقعیت خودروهاست. اولین و ساده‌ترین راه‌حل برای حل این مسأله استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) بوده است. سیگنال‌های GPS در بسیاری از مکان‌های سرپوشیده مانند تونل‌ها و پارکینگ ها و نیز مناطق انبوه شهری در دسترس نیستند. به همین خاطر نمی‌توان به آن در بسیاری از کاربردهای ایمنی تکیه کرد. هر چند در سال‌های اخیر تکنیک‌های زیادی بر پایه ارتباطات بین خودرویی تحت عنوان مکان‌یابی مشارکتی جهت غلبه بر این مشکل پیشنهاد شده است، اما تمامی این روش‌ها به دلیل تکیه بر وجود خودروهای همسایه تنها در محیط‌های پرترافیک مؤثرند لذا قابلیت اعتماد چنین سیستم-هایی بسیار پایین خواهد بود.

در این پایان‌نامه برای شرایطی که دسترسی به GPS به دلیل مشکلات چند مسیرگی و یا عدم پوشش به علت موانع فیزیکی مانند تونل‌ها، دشوار و یا غیر ممکن است یک روش جدید مکان‌یابی پیشنهاد می-شود. در روش پیشنهادی در نقاط کور GPS، ایستگاه‌های کنار جاده‌ایی (RSU) نصب می‌شود. خودروهای عبوری در این ناحیه هنگام دریافت پیغام از RSUها با استفاده از تکنیک‌های مسافت‌یابی در شبکه بی‌سیم فاصله خود را تا RSU تخمین می‌زنند. سپس با استفاده از سیستم ناوبری اینرسی (INS) تعبیه شده در داخل خودرو مسافت پیموده شده بین پیغام‌ها را اندازه‌گیری می‌نمایند. در نهایت با ترکیب اطلاعات تخمینی از RSU و سیستم INS با استفاده از حل دستگاه معادلات غیر خطی، هر خودرو اقدام به تخمین مکان خود می‌نماید.

نتایج شبیه‌سازی حاکی از این است که دقت روش پیشنهادی با تحلیل خطای ریاضی انجام شده تطابق قابل قبولی دارد، به طوری که خطای مکان یابی در اغلب شرایط کمتر از یک متر است و به علاوه سربار ترافیکی روش پیشنهادی از سایر روش‌های مشارکتی به نحو چشمگیری کمتر است.

کلمات کلیدی : شبکه موردی بین‌خودرویی، مکان‌یابی خودروها، سیستم موقعیت‌یاب جهانی، سیستم ناوبری اینرسی، تجهیزات کنار جاده‌ایی، تخمین کمترین مربعات.

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه ۱

۱-۱ ضرورت تحقیق ۲

۱-۲ شبکه‌های بین‌خودرویی ۲

۱-۳ سیستم‌های تعیین موقعیت ۳

۱-۳-۱ سیستم‌های تخمین مکان DR ۴

۱-۳-۲ سیستم‌های تخمین مکان رادیویی ۶

۱-۴ سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ۱۱

۱-۵ بیان مسأله ۱۴

۱-۵-۱ اهداف پایان‌نامه ۱۶

۱-۶ ساختار پایان‌نامه ۱۷

فصل ۲ مرور کارهای گذشته ۱۸

۲-۱ مقدمه ۱۹

۲-۲ مکان‌یابی خودروها ۲۰

۲-۲-۱ سیستم‌های رادیویی تخمین مکان خودرو ۲۱

۲-۲-۲ سیستم‌های DR تخمین مکان خودرو ۲۴

۲-۲-۳ ترکیب اطلاعات سیستم GPS/DR ۲۵

۲-۲-۴ ترکیب اطلاعات GPS/DR/Map ۲۷

۲-۲-۵ ترکیب اطلاعات GPS/DR/Laser ۲۸

۲-۲-۶ ترکیب اطلاعات GPS/DR/Camera ۲۹

۲-۲-۷ ترکیب اطلاعات GPS/DR/RFID ۲۹

۲-۲-۸ ترکیب اطلاعات GPS/DR/V2V ۳۰

۲-۲-۹ ترکیب اطلاعات GPS/DR/V2I ۳۲

۲-۳ نوآوری کار این پایان‌نامه ۳۴

فصل ۳ سیستم مکان‌یابی پیشنهادی با کمک RSU/INS ۳۵

۳-۱ مقدمه ۳۶

۳-۲ تشریح روش پیشنهادی ۳۷

۳-۲-۱ فرضیات مدل ۳۷

۳-۲-۲ مرحله اول: تخمین ۳۹

۳-۲-۳ مرحله دوم: ترکیب صف‌های اطلاعاتی ۴۵
۳-۲-۴ مرحله سوم: تخمین مکان خودرو ۴۶
۳-۳ بررسی تأثیر خطا ۴۹
۳-۳-۱ تحلیل نظری خطا ۴۹
۳-۴ درستی آزمایی روش پیشنهادی ۵۲
۳-۴-۱ نرم افزار شبیه‌سازی Veins ۵۳
۳-۴-۲ پارامترهای شبیه‌سازی ۵۶
۳-۴-۳ مقایسه تأثیر سرعت خودرو بر خطای مکان‌یابی ۵۷
۳-۴-۴ مقایسه تأثیر چگالی ترافیک بر خطای مکان‌یابی ۵۹
۳-۴-۵ مقایسه سربار ترافیکی روش‌های مکان‌یابی مشارکتی ۶۱
۳-۵ نتیجه‌گیری ۶۲
فصل ۴ بررسی تأثیر خطاهای تخمینی و سرعت خودرو بر روش پیشنهادی ۶۳
۴-۱ مقدمه ۶۴
۴-۲ بررسی تأثیر خطای تخمین مسافت از RSU ۶۵
۴-۳ بررسی تأثیر خطای تخمین مسافت پیموده شده ۶۷
۴-۴ تأثیر سرعت خودرو ۷۰
۴-۵ ضریب تعدیل دقت ۷۲
۴-۶ بهبود روش پیشنهادی ۷۵
۴-۶-۱ درستی آزمایی روش بهبود یافته ۷۸
۴-۶-۲ روش بهبود یافته سیستم پیشنهادی ۸۱
۴-۷ نتیجه‌گیری ۸۵
فصل ۵ نتیجه‌گیری ۸۶
۵-۱ مقدمه ۸۷
۵-۲ نتیجه‌گیری ۸۸
۵-۳ کارهای آینده ۹۰

فهرست شکل‌ها

شکل ۱- ۱ : سیستم‌های تعیین موقعیت..... ۴

شکل ۱- ۲ : شمای کلی سیستم ناوبری اینرسی ۶

شکل ۱- ۳ : تخمین مکان با استفاده از روش Angulation..... ۸

شکل ۱- ۴ : تخمین مکان با استفاده از روش Lateration..... ۹

شکل ۱- ۵ : حل مشکل همگام‌سازی ساعت گیرنده و فرستنده در روش TDOA..... ۱۰

شکل ۱- ۶ : موقعیت ماهواره‌های سیستم موقعیت‌یاب جهانی ۱۱

شکل ۱- ۷ : نمای کلی سیستم DGPS..... ۱۳

شکل ۱- ۸ : خطای محلی GPS به دلیل وجود ساختمان‌ها و درختان بلند ۱۴

شکل ۱- ۹ : استفاده از RSUهای کنار جاده جهت تخمین مکان خودرو در سیستم پیشنهادی ۱۶

شکل ۲- ۱: ترکیب اطلاعات سیستم‌های مکان‌یابی با اطلاعات منابع کمکی جهت تخمین مکان خودروها..... ۲۱

شکل ۲- ۲ : استفاده از الگوریتم‌های MM جهت نگاشت مکان خودرو بر روی نقشه..... ۲۷

شکل ۳- ۱ : بلوک دیاگرام مدل پیشنهادی..... ۳۷

شکل ۳- ۲ : شمای کلی مدل پیشنهادی ۳۸

شکل ۳- ۳ : مراحل پر شدن صف‌های اطلاعاتی. a) RSU پیغام حاوی شناسه اختصاصی.... ۴۱

شکل ۳- ۴ : مراحل پر شدن صف‌های اطلاعاتی. a) خودرو با ادامه حرکت ... ۴۲

شکل ۳- ۵ : مراحل پر شدن صف‌های اطلاعاتی. a) خودرو در ادامه مسیر..... ۴۳

شکل ۳- ۶ : مراحل پر شدن صف‌های اطلاعاتی. a) در این مرحله خودرو..... ۴۴

شکل ۳- ۷ : حالت دایره‌های معادلات به‌روز شده در صف اطلاعات دایره مکانی..... ۴۶

شکل ۳- ۸ : بررسی تأثیر انحراف معیار خطای تخمین فاصله از RSU ۵۲

شکل ۳- ۹ : معماری و نحوه برهم کنش اجزای اصلی شبیه‌ساز..... ۵۳

شکل ۳- ۱۰ : مدل منطقی ماژول‌ها در OMNeT++..... ۵۴

شکل ۳- ۱۱ : مقایسه تأثیر سرعت خودرو بر میانگین خطای مکان‌یابی..... ۵۸

شکل ۳- ۱۲ : مقایسه تأثیر سرعت خودرو بر انحراف معیار خطای مکان‌یابی ۵۹

شکل ۳- ۱۳ : مقایسه تأثیر شرایط ترافیکی بر میانگین خطای مکان‌یابی ۶۰

شکل ۳- ۱۴ : مقایسه تأثیر شرایط ترافیکی بر انحراف معیار خطای مکان‌یابی..... ۶۰

شکل ۳- ۱۵ : مقایسه تأثیر روشهای مکان‌یابی بر شبکه بین‌خودرویی، در شرایط ترافیکی متفاوت..... ۶۲

شکل ۴- ۱ : تأثیر انحراف معیار خطای تخمین فاصله از RSU بر میانگین خطای مکان‌یابی روش پیشنهادی..... ۶۶

شکل ۴- ۲ : تأثیر انحراف معیار خطای تخمین فاصله از RSU بر انحراف معیار خطای مکان‌یابی روش پیشنهادی ۶۶

شکل ۴- ۳ : تأثیر انحراف معیار خطای تخمین مسافت پیموده شده بر میانگین خطای مکان‌یابی روش پیشنهادی ۶۹
شکل ۴- ۴ : تأثیر انحراف معیار خطای تخمین مسافت پیموده شده بر انحراف معیار خطای مکان‌یابی روش پیشنهادی ۶۹
شکل ۴- ۵ : تأثیر سرعت خودرو بر میانگین خطای مکان‌یابی روش پیشنهادی ۷۱
شکل ۴- ۶ : تأثیر سرعت خودرو بر انحراف معیار خطای مکان‌یابی روش پیشنهادی..... ۷۱
شکل ۴- ۷ : رابطه بین هندسه معادله‌ها و تعدیل دقت. a) تعدیل دقت پایین. b) تعدیل دقت بالا ۷۳
شکل ۴- ۸ : ارتباط ضریب تعدیل دقت و بهره‌وری دامنه ارسال RSU ۷۷
شکل ۴- ۹ : تأثیر سرعت و $\boldsymbol{\sigma_r}$ بر میانگین خطای مکان‌یابی..... ۷۹
شکل ۴- ۱۰ : تأثیر سرعت و $\boldsymbol{\sigma_r}$ بر انحراف معیار خطای مکان‌یابی..... ۷۹
شکل ۴- ۱۱ : تأثیر سرعت و $\boldsymbol{\sigma_{INS}}$ بر میانگین خطای مکان‌یابی..... ۸۰
شکل ۴- ۱۲ : تأثیر سرعت و $\boldsymbol{\sigma_{INS}}$ بر انحراف معیار خطای مکان‌یابی ۸۰
شکل ۴- ۱۳ : فلوچارت روش بهبود یافته RIALS ۸۲
شکل ۴- ۱۴ : تغییرات اندازه صف به نسبت انحراف معیار خطای مکان‌یابی..... ۸۴
شکل ۴- ۱۵ : تغییرات اندازه صف به نسبت میانگین خطای مکان‌یابی..... ۸۴

فهرست جداول

جدول ۲- ۱ : مقایسه انواع روش‌های تخمین مکان خودرو با استفاده از ترکیب اطلاعات سیستم DGPS و سنسورهای حرکتی [۴۲] ۲۶

جدول ۳- ۱ : پارامترهای شبیه‌سازی ۵۷

جدول ۴- ۱ : پارامترهای متغییر شبیه‌سازی ۶۵

جدول ۴- ۲ : اندازه صف و سرعت خودرو برای سناریوهایی که DOP کمتر از ۲ متر و TRU برای شرایطی که تنها یک RSU وجود داشته، بیشتر از ۰.۷۵٪ باشد. ۷۷

فهرست علائم اختصاری

ARIALS	Adaptive RSU-INS Aided Localization System
ADAS	Advanced Driver Assistance System
CP	Cooperative Positioning
COVEL	Cooperative Vehicle Localization for efficient urban mobility
DR	Dead Reckoning
DSRC	Dedicated Short Range Communications
DGPS	Differential Global Positioning System
DOP	Dilution Of Precision
ECEF	Earth-Centered, Earth-Fixed
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
GPS	Global Positioning System
GLONASS	Globalnaya navigatsionnaya sputnikovaya sistema or Global Navigation Satellite System
HDOP	Horizontal Dilution Of Precision
IMU	Inertial Measurement Unit
INS	Inertial Navigation System
ITS	Intelligent Transportation Systems
IV	Intelligent Vehicles
LIDAR	Light Detection And Ranging
MM	Map Matching
OMNeT++	Objective Modular Network Testbed in C++
OBU	on-board unit
PDR	Packet Delivery Ratio
PDOP	Position Dilution Of Precision
RSSI	Received Signal Strength Indication
RIALS	RSU-INS Aided Localization System
SUMO	Simulation of Urban MObility
SLAM	Simultaneous Localization And Mapping
TDOA	Time Difference Of Arrival
TOA	Time Of Arrival
TOF	Time Of Flight
TRU	Transmission Range Utilization
Veins	Vehicles in network simulation
V2I	Vehicle-to-Infrastructure
V2V	Vehicle-to-Vehicle
VANET	Vehicular ad hoc network
VDOP	Vertical Dilution Of Precision

فصل ۱ مقدمه

۱-۱ ضرورت تحقیق

در شبکه‌های بین‌خودرویی بر پایه ارتباطات بین‌خودرویی و ایستگاه‌های کنار جاده‌ایی طیف وسیعی از برنامه‌های کاربردی ایمنی و رفاهی معرفی شده‌اند. اطلاع از مکان خودرو به عنوان پیش فرض در بسیاری از این برنامه‌ها لحاظ شده است. از آن جایی که گیرنده‌های سیستم موقعیت‌یاب جهانی[۱] (GPS) به راحتی و با هزینه کم می‌توانند در خودروها نصب شوند لذا اطلاع از مکان خودرو می‌تواند پیش فرض درستی در این برنامه‌ها باشد. در سال‌های اخیر با پیشرفت تجهیزات شبکه بین‌خودرویی و معرفی ایده-های جدید در این زمینه، برنامه‌های کاربردی نیازمند اطلاع از مکان دقیق خودرو و با قابلیت اعتماد بالا هستند. در عین حال ما شاهد ضعف سیستم GPS در برآورده کردن این نیاز هستیم، زیرا گیرنده‌های GPS در مکان‌های سرپوشیده مانند تونل‌ها و پارکینگ‌ها و مناطق انبوه شهری قابل استفاده نیستند و نیز در شرایط عادی دقت کافی را برای بعضی از برنامه‌های کاربردی ندارند [۱].

در راستای حل این مشکل روش‌های جدیدی برای مکان‌یابی خودروها ارائه شده‌اند، وجه مشترک بیشتر این روش‌ها استفاده از تکنیک‌های ترکیب اطلاعات است، طوری که برای مکان‌یابی دقیق خودرو اطلاعات چندین روش مکان‌یابی را با هم ترکیب کرده و در قالب یک روش با قابلیت اعتماد و دقت بالاتر ارائه کرده‌اند. متأسفانه هر چند این روش‌ها نسبت به سیستم GPS دقت و قابلیت اعتماد بالاتری دارند اما دارای معایبی همچون موردی بودن کاربرد آنها و نیز مقرون به صرفه نبودن هستند. به طوری که این سیستم‌ها در شرایط ترافیکی یا محیطی خاصی قابلیت استفاده دارند و نمی‌توانند به عنوان یک راه حل جامع و یک‌پارچه مورد استفاده قرار گیرند. در ادامه به تشریح شبکه‌های بین‌خودرویی و انواع سیستم-های تخمین موقعیت پرداخته شده است.

۱-۲ شبکه‌های بین‌خودرویی

تکامل سریع فناوری ارتباطی بی‌سیم، باعث توسعه سیستم‌های مشارکتی در حوزه وسایل نقلیه هوشمند[۲] (IV) شده است. سیستم‌های مشارکتی با استفاده از ارتباطات بی‌سیم مانند DSRC[۳]، به تبادل داده بین وسایل نقلیه[۴] (V2V) یا بین وسایل نقلیه و ایستگاه‌های کنار جاده‌ای[۵] (V2I) می‌پردازند، که این تبادل

[1] Global Positioning System
[2] Intelligent Vehicles
[3] Dedicated Short Range Communications
[4] Vehicle-to-Vehicle Communication
[5] Vehicle-to-Infrastructure Communication

اطلاعات به تشکیل شبکه موردی بین‌خودرویی[1] (VANET) می‌انجامد. استانداردهای DSRC مانند IEEE 802.11p، ایجاد شبکه‌های بی‌سیم با قابلیت اعتماد بالا و تأخیر کم را در محیط جاده‌ای رقم می‌زند [۲]. مزایای استفاده از سیستم‌های مشارکتی به طور گسترده در [۳، ۴، ۵، ۶] مورد بحث قرار گرفته است. با استفاده از سیستم‌های مشارکتی، وسیله نقلیه می‌تواند اطلاعات مربوط به وسایل نقلیه دیگر را که حسگرها قادر به شناسایی آن نیستند، بدست آورد. به عنوان مثال، ویژگی‌هایی مانند جهت، سرعت، شتاب، مکان، یا حتی اندازه خودرو را می‌توان به سادگی از طریق ارتباطات مبادله کرد. هر اطلاعاتی می‌تواند در یک فاصله نسبتاً طولانی با استفاده از ارسال چندگامه انتشار داده شود. سیستم‌های مشارکتی به خوبی می‌توانند آگاهی موقعیتی ۳۶۰ درجه با برد متوسط و با هزینه قابل قبول فراهم کنند. از دیدگاه سیستم‌های حمل و نقل هوشمند[2] (ITS)، با استفاده از ارتباطات بین‌خودرویی امکان پیاده‌سازی طیف گسترده‌ای از برنامه‌های کاربردی ایمنی و رفاهی جهت افزایش ایمنی و رفاه راننده و سرنشینان خودرو فراهم می‌شود [۷].

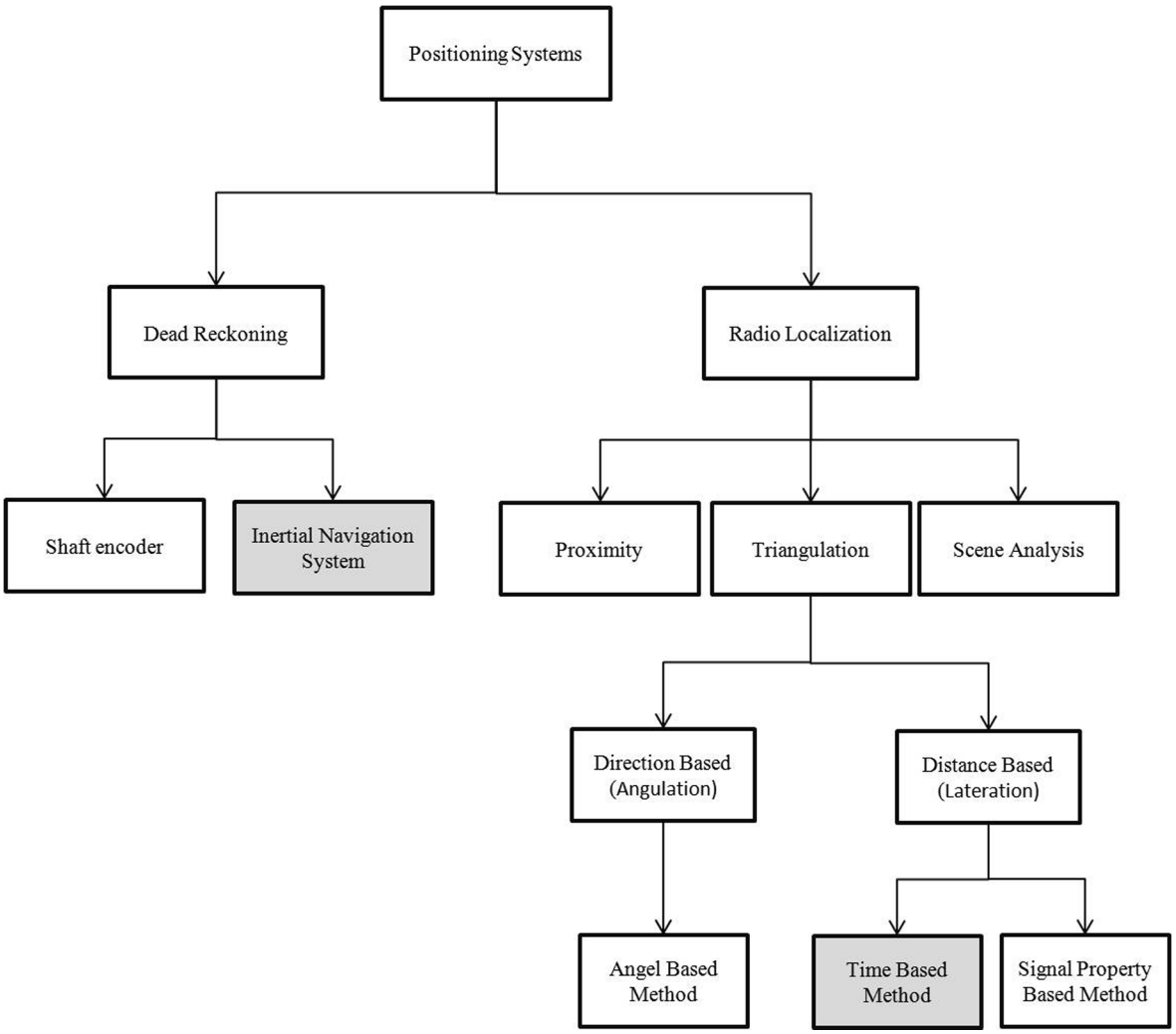
در [۸] لیست تمامی برنامه‌های کاربردی ارائه شده برای شبکه‌های موردی بین‌خودرویی آورده شده است. لیست برنامه‌های کاربردی ارائه شده برای شبکه‌های موردی بین‌خودرویی لیستی بلند است که بیش از ۱۰۰ سناریو مختلف برای کاربردهای گوناگون و شرایط مختلف این شبکه‌ها می‌باشد که این سناریوها در مجموعه‌ایی ۳۴تایی از برنامه‌های کاربردی ایمنی و ۱۱تایی از برنامه‌های کاربردی غیرایمنی دسته بندی شده‌اند. اکثر این برنامه‌ها به نوبه خود نیازمند اطلاع از مکان خودرو می‌باشند. میزان اطلاع از مکان خودرو برای هر برنامه به نسبت دقت اطلاعات و نیز قابلیت اعتماد اطلاعات متفاوت می‌باشد. در بعضی موارد اکثراً در برنامه‌های ایمنی و کمک راننده مانند: سیستم‌های هشدار دهنده برخورد، سیستم‌های پارکینگ خودکار و سیستم‌های هوشمند رانندگی خودکار و کمک راننده اطلاع از مکان خودرو به صورت کاملاً دقیق و با قابلیت اعتماد بالا مورد نیاز است [۱، ۹، ۱۰، ۱۱].

۱-۳ سیستم‌های تعیین موقعیت

به مکانیزم پیدا کردن موقعیت یک شیء یا فرد، یا پیدا کردن ارتباط فضایی بین اشیا، یا بدست آوردن اطلاعات مکان، مکان‌یابی گفته می‌شود. در شکل ۱-۱ انواع سیستم‌های تعیین موقعیت جهت استفاده در تخمین مکان نشان داده شده‌است. به طور کلی سیستم‌های تعیین موقعیت به دو دسته تقسیم‌بندی می‌

[1] Vehicular ad hoc network
[2] Intelligent Transportation Systems

شوند: سیستم‌های تخمین مکان ناوبری کور[1] (DR) و سیستم‌های تخمین مکان رادیـویی [۱۲]. در ادامـه به صورت خلاصه به تشریح هر یک از این سیستم‌ها پرداخته شده است.



شکل ۱- ۱: سیستم‌های تعیین موقعیت

۱-۳-۱ سیستم‌های تخمین مکان DR

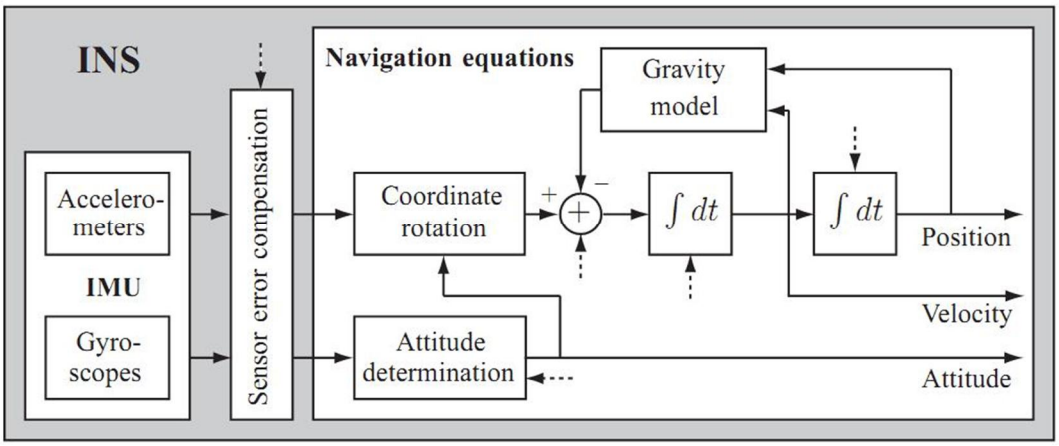
سیستم‌های تخمین مکان DR که به سیستم‌های ناوبری کور نیز معروف‌اند، با پیـروی از قـوانین فیزیـک کلاسیک از سنسورهایی جهت سنجش سرعت و زاویه حرکت وسیله متحرک به منظور تخمـین مسـافت-پیموده شده، جهت حرکت و مسیر آن نسبت به یک نقطه شروع معین استفاده می‌نمایند. این سیسـتم‌هـا با استفاده از اطلاعات سنسورها، موقعیت مکانی وسیله متحرک را به صورت پیوسته محاسبه می‌نماینـد.

[1] Dead Reckoning

مزایای سیستم‌های تخمین مکان DR، بی‌نیاز بودن این سیستم‌ها به تجهیزات خارجی و عدم تأثیرپذیری از عوامل خارجی همچون اختلالات رادیویی است. در عین حال معایب استفاده از این سیستم‌ها نیاز به تراز کردن اولیه سنسورها و نیز تجمعی بودن خطای مکان‌یابی آنهاست [۱۲]. به طور کلی دو روش جهت تخمین مکان DR وجود دارد که عبارتند از:

- رمزگذاری چرخشی: در این روش با استفاده از تعداد تیک‌هایی که رمزگذار با چرخش محور یا چرخ محاسبه کرده است، مسافت پیموده شده جهت تخمین مکان وسیله متحرک را تخمین می‌زند در [۱۰، ۱۳، ۱۴، ۱۵] انواع روش‌ها و تکنیک‌های DR برای استفاده در خودروها تشریح شده است. این روش به دلیل قیمت پایین نسبت به سایر روش‌های تخمین مکان DR بیشترین کاربرد را دارد.
- سیستم ناوبری اینرسی[1] (INS) : این روش نسبت به سایر روش‌های تخمین مکان DR از بیشترین دقت تخمین مکان برخوردار است. سیستم ناوبری اینرسی از حسگرهای اینرسی شامل شتاب‌سنج‌ها[2] و ژیروسکوپ‌ها[3]، برای اندازه گیری شتاب‌ها و سرعت‌های زاویه‌ای وسیله متحرک نسبت به فضای اینرسی استفاده می‌کند. به مجموعه شتاب‌سنج‌ها و ژیروسکوپ‌ها، IMU[4] گفته می شود. اطلاعات خروجی از IMU وارد کامپیوتر سیستم تخمین مکان شده و درآنجا با انجام محاسبات ناوبری، سرعت، موقعیت و وضعیت وسیله متحرک نسبت به دستگاه مرجع در هرلحظه از حرکت محاسبه می‌شود [۱۶، ۱۷]. در شکل ۱-۲ شمای کلی سیستم ناوبری اینرسی نمایش داده شده است. در [۱۸] سیستم ناوبری اینرسی، بدون استفاده از ژیروسکوپ و تنها بر اساس اطلاعات شتاب‌سنج‌ها پیشنهاد شده است.

[1] Inertial Navigation System
[2] Accelerometers
[3] Gyroscopes
[4] Inertial Measurement Unit



شکل ۱- ۲ : شمای کلی سیستم ناوبری اینرسی

۱-۳-۲ سیستم‌های تخمین مکان رادیویی

در سیستم‌های تخمین مکان رادیویی، به وسیله ارسال و دریافت سیگنال توسط تعدادی فرستنده و گیرنده در زمان مشخص، می‌توان موقعیت فرستنده یا گیرنده را محاسبه کرد. به عنوان مثال در صورت وجود تعدادی فرستنده در مکان های مشخص و ارسال همزمان یک سیگنال مشخص توسط این فرستنده‌ها، می‌توان با توجه به اختلاف زمانی دریافت این سیگنال توسط گیرنده‌ایی، که در یک موقعیت نامعین قرار گرفته، موقعیت گیرنده را محاسبه نمود. هر چه تعداد فرستنده‌ها بیشتر باشد، دقت تخمین مکان نیز بیشتر می‌شود.

به صورت کلی در سیستم‌های تخمین مکان رادیویی به فرستنده‌ها و گیرنده‌ها، گره گفته می‌شود. در این سیستم‌ها به گره‌هایی که در مکان مشخص قرار گرفته و جهت تخمین مکان سایر گره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، گره‌های مرجع، beacon یا landmark نیز گفته می‌شود. به طور کلی سه روش اصلی برای محاسبه موقعیت یک گره در سیستم‌های تخمین مکان رادیویی وجود دارد. ۱) استفاده از اطلاعات گره‌های همسایه (Proximity)، ۲) استفاده از قضایای هندسی (Triangulation)، ۳) بررسی و تجزیه تحلیل مشخصات موقعیت در مقایسه با اطلاعات جمع آوری شده از قبل که به آن scene analysis می‌گویند [۱۹].

۱-۳-۲-۱ روش Proximity

در صورتی که گره‌های مرجع، مختصات خود را توسط سیگنال‌های رادیویی ارسال کنند، با توجه به آنکه برد این سیگنال‌ها کوتاه است، گره‌های نزدیک به یک مرجع می‌توانند موقعیت تقریبی خود را با استفاده از اطلاعات ارسالی از طرف گره مرجع، تخمین بزنند [۲۰]. این روش ساده‌ترین روش تخمین مکان رادیویی است و خطای مکان‌یابی در این روش می‌تواند بسیار بالا باشد. تکنولوژی‌های مورد استفاده در این روش اکثراً مربوط به سیستم‌های کوتاه برد مانند بلوتوث، اشعه مادون قرمز و RFID است [۲۱].

۱-۳-۲-۲ روش Triangulation

ارتباط رادیویی بین چند گره می‌تواند موقعیت جغرافیایی آنها را نیز نسبت به هم مشخص کند، این روش از قضایای هندسی جهت تخمین مکان گره بهره می‌برد. در این روش هنگامی که از فاصله بین گره‌ها استفاده شود به آن Lateration می‌گویند و هنگامی که از زاویه بین آنها استفاده شود به آن Angulation می‌گویند[۱۹].

۱-۳-۲-۲-۱ روش Angulation

روش Angulation فرآیند محاسبه موقعیت یک گره بر مبنای زاویه آن با گره‌های مرجع است. در یک مثلث هنگامی که فاصله بین دو رأس و زوایای آنها معین باشد، می‌توان مکان رأس سوم را از طلاقی دو ضلع باقی مانده محاسبه کرد. در این روش زاویه خط واصل بین گره و مرجع نسبت به یک جهت مرجع مثلاً صفر درجه شمالی محاسبه می‌شود. سپس با توجه به اینکه فاصله بین دو گره مرجع مشخص است با استفاده از قضایای مثلثاتی مکان گره را تخمین می‌زنند. شکل ۱-۳ شمای کلی این روش را نشان می‌دهد که در آن یک گره با استفاده از ارتباطات رادیویی با دو گره مرجع می‌تواند مکان خود را تخمین بزند.

در روش‌های قدیمی اندازه‌گیری، زاویه را با استفاده از آنتن‌های جهت‌دار مدور همانند ایستگاه‌های رادار اندازه‌گیری می‌کردند. روش دیگر، استفاده از چندین آنتن نصب شده با فواصل معین بر روی گره است که در این حالت از اختلاف زمانی سیگنال دریافت شده توسط این آنتن‌ها، جهت سیگنال ارسال شده محاسبه می‌گردد. هر چه اندازه و فاصله این آنتن‌ها از یکدیگر کمتر باشد، جهت اندازه‌گیری شده