دانشگاه پیام نور

دانشکدهٔ فنی و مهندسی

پایان‌نامه

برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

رشتهٔ مهندسی‌کامپیوتر – نرم‌افزار

گروه مهندسی‌کامپیوتر وفناوری اطلاعات

یک راهبرد اصلاح متد تخمین درست‌نمایی حداکثر برای مکانیابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم

زینب عباسی

استاد راهنما:

دکتر احمد فراهی

استاد مشاور:

دکتر سید حمید حاج سید جوادی

بهمن ۱۳۸۹

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه پیام نور

دانشکدهٔ فنی و مهندسی

مرکز تهران

پایان‌نامه

برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد

رشتهٔ مهندسی‌کامپیوتر – نرم‌افزار

گروه مهندسی‌کامپیوتر وفناوری اطلاعات

یک راهبرد اصلاح متد تخمین درست‌نمایی حداکثر برای مکانیابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم

زینب عباسی

استاد راهنما:

دکتر احمد فراهی

استاد مشاور:

دکتر سید حمید حاج سید جوادی

بهمن ۱۳۸۹

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم تحقیقات و فناوری

مجتمع فنی و مهندسی

شماره .....
تاریخ .....
پیوست .....

دانشگاه پیام نور
دانشگاه پیام نور استان تهران
اللهم عجل لولیک الفرج و العافیه و النصر

تصویب نامه

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی کامپیوتر(نرم افزار)

تحت عنوان:

" یک راهبرد اصلاح متد تخمین درست نمایی حداکثر برای مکانیابی در شبکه های حسگر بی سیم "

تاریخ دفاع: ۱۳۹۰/۲/۲۰ **ساعت:۱۰-۸**

نمره: ۱۹٫۵ **درجه ارزشیابی:** عالی

هیات داوران:

داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر احمد فراهی	استادیار	
استاد مشاور	دکتر حمید حاج سید جوادی		
استاد داور داخلی	دکتر رضا عسگری مقدم	استادیار	
استاد داور مدعو	دکتر محمد ابراهیم شیری	استادیار	
نماینده گروه	دکترداوود کریم زادگان	—	

تهران، خیابان استاد نجات اللهی
تقاطع خیابان سپند، کوچه هشتم
پلاک ۱۱
تلفن: ۸۸۹۰۴۱۲۷
دورنگار: ۸۸۹۰۳۳۱۰
WWW.FANI.TPNU.AC.IR
fani@ tpnu.ac.ir

تقدیم به مادر عزیزم

و تقدیم به آنان که اهل "یافتن"اند نه اهل "بافتن"

و آنان که متواضعانه معترف‌اند

"حقیقتی" را یافته‌اند نه کل "حقیقت" را.

تشکر و قدردانی:

قبل از هرچیز، خداوند بزرگ را به خاطر لطفی که همواره شامل حال من نموده شاکرم. سپس، از زحمات استاد محترم راهنما، *جناب آقای دکتر احمد فراهی* که در تمام مراحل انجام این تحقیق از رهنمودها و کمک‌های بی‌دریغ ایشان به خصوص در زمینه تدوین و ویراستاری متن پروپوزال و پایان‌نامه بهره‌مند بوده‌ام، تشکر و قدردانی می‌کنم. همچنین جا دارد از زحمات استاد محترم مشاور *جناب آقای دکتر حاج سید جوادی*، به ویژه به خاطر ساعت‌هایی که به بحث و تبادل نظر در مورد موضوع تحقیق بنده اختصاص داده‌اند که همواره برای من الهام‌بخش ایده و دیدگاهی تازه نسبت به موضوع بوده است، سپاسگزاری نمایم.

هم‌چنین قدردانی خود را نسبت به آقای دکتر نیل پت‌وری و همکاران که مقالات جالب و ارزشمند آنان، الهام‌بخش این تحقیق بوده است، ابراز می‌دارم.

چکیده

امروزه، در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، یکی از مسائل مهم مکانیابی حسگرهاست، زیرا بدون دانستن مکان حسگرها اطلاعات آن‌ها مفید نخواهد بود. الگوریتم‌های متنوعی برای حل این مسئله ارائه شده است که هر کدام مزایا و معایبی دارند. یکی از این الگوریتم‌ها، مکانیابی با متد MLE است که از یک متد آماری برای یافتن مکان گره‌ها استفاده می‌کند. یکی از مشکلات این الگوریتم حداکثر سازی محلی است که باعث می‌گردد الگوریتم MLE اولیه به راه‌حل بهینه نرسد. این امر به دلیل این است که مکان‌های اولیه که به الگوریتم داده می‌شوند به مکان واقعی نزدیک نیستند.

در این پایان‌نامه روشی برای رفع بر این مشکل ارائه شده است. در این روش بر اساس فاصله‌های اندازه‌گیری شده بین حسگرها و میزان نزدیکی به گره‌های مرجع، مکان تقریبی گره‌ها محاسبه می‌شود و سپس به الگوریتم MLE داده می‌شود تا مکان نهایی گره‌ها به دست آید. این روش قادر به محاسبه مکان اولیه هر حسگر هم به صورت متمرکز و هم به صورت توزیع‌شده است و با انواع اطلاعات اندازه‌گیری می‌تواند مکانیابی حسگرها را انجام دهد. برای مقایسه و ارزیابی روش پیشنهادی از شبیه-سازی نرم‌افزاری هر دو الگوریتم در چهار چیدمان تصادفی، تصادفی با توزیع C–شکل، مشبک، مشبک C–شکل از شبکه حسگر استفاده شده است. ارزیابی‌ها نشان می‌دهند که روش پیشنهادی از تخمین مکان با دقت بیشتر و زمان انجام کمتری برخوردار است و بنابراین توانایی استفاده به جای الگوریتم MLE اولیه را دارد.

واژه‌های کلیدی: شبکه‌های حسگر بی‌سیم، الگوریتم‌های مکانیابی، متد MLE.

فهرست مطالب

فصل۱: مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ بیان مسئله ۳

۱-۳ تاریخچه و سابقه موضوع ٤

۱-٤ فرضیه‌های تحقیق ٦

۱-٥ اهداف تحقیق ٦

۱-٦ نوآوری تحقیق ۷

۱-۷ روش انجام تحقیق ۷

۱-۸ روش تجزیه و تحلیل داده‌ها ۸

۱-۹ تعریف اصطلاحات و متغیرها ۸

۱-۱۰ ساختار کلی پایان‌نامه ۹

فصل۲: معرفی شبکه‌های حسگر بی‌سیم ۱۱

۲-۱ مقدمه ۱۲

۲-۲ تاریخچه پیدایش شبکه حسگر بی‌سیم ۱۲

۲-۳ مفاهیم اساسی در شبکه حسگر بی‌سیم ۱٤

۲-٤ ساختار کلی شبکه حسگر بی‌سیم ۱٥

۲-۵ ساختار گره در شبکه حسگر بی‌سیم ۱۶
۲-۶ کاربردهای شبکه حسگر بی‌سیم ۱۸
۲-۷ موضوعات مطرح در طراحی شبکه حسگر بی‌سیم ۲۰
۲-۸ خلاصه مطالب فصل ۲۶
فصل۳: اصول تئوری متدهای مکانیابی ۲۸
۳-۱ مقدمه ۲۹
۳-۲ توصیف خصوصیات اندازه‌گیری اطلاعات ۳۰
۳-۲-۱ شدت سیگنال دریافتی ۳۰
۳-۲-۲ زمان دریافت ۳۳
۳-۳ نکات مهم در طراحی الگوریتم‌های مکانیابی ۳۸
۳-۴ الگوریتم‌های متمرکز ۴۱
۳-۴-۱ برنامه‌نویسی نیمه‌قطعی ۴۲
۳-۴-۲ MDS-MAP ۴۳
۳-۵ الگوریتم‌های توزیع شده مبتنی بر گره مرجع ۴۴
۳-۵-۱ مرکز ثقل ۴۴
۳-۵-۲ گرادیان ۴۵
۳-۵-۳ سیستم مکانیابی ویژه ۴۷
۳-۶ الگوریتم‌های توزیع شده مبتنی بر آرام‌سازی ۴۸
۳-۶-۱ مدل فنری ۴۸

۳-۷ اتصال سیستم مختصاتی ۵۰
۳-۷-۱ رویکرد مبتنی بر خوشه ۵۱
۳-۸ خلاصه مطالب فصل ۵۲
فصل ٤: الگوریتم مکانیابی با استفاده از متد MLE ۵۵
٤-۱ مقدمه ٥٦
٤-۲ تاریخچه ٥٦
٤-۳ اصول اولیه ٥٧
٤-۳-۱ تابع چگالی احتمال ٥٧
٤-۳-۲ تابع درست‌نمایی ٥٨
٤-٤ تخمین درست‌نمایی حداکثر ٥٩
٤-٤-۱ معادله درست‌نمایی ٥٩
٤-٤-۲ حداکثر محلی ٦٠
٤-٥ الگوریتم مکانیابی با استفاده از متد MLE ٦١
٤-٥-۱ فرمول‌بندی حداکثر درست‌نمایی برای RSS ٦٤
٤-٥-۲ فرمول‌بندی حداکثر درست نمایی برای TOA ٦٨
٤-٥-۳ اتصال ٦٨
٤-٦ بررسی مشکلات الگوریتم مکانیابی با متد MLE ٦٨
فصل ٥: روش پیشنهادی ۷۰
٥-۱ مقدمه ۷۱

۵-۲ اهداف روش پیشنهادی ۷۱
۵-۳ روش انجام کار ۷۲
۵-٤ مرتبه زمانی و سربار ارتباطی الگوریتم MLE بهبود یافته ۷٦
۵-۵ خلاصه مطالب فصل ۷۷
فصل٦: ارزیابی روش پیشنهادی ۷۸
٦-۱ مقدمه ۷۹
٦-۲ بررسی روش‌های پیاده‌سازی ۷۹
٦-۳ پارامترهای شبیه‌سازی ۸۰
٦-۳-۱ چیدمان تصادفی با توزیع یکنواخت ۸۲
٦-۳-۲ چیدمان تصادفی با توزیع C-شکل ۸۵
٦-۳-۳ چیدمان مشبک ۸۷
٦-۳-٤ چیدمان مشبکِ C-شکل ۸۹
٦-٤ خلاصه مطالب فصل ۹۱
فصل۷: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۹۳
۷-۱ مقدمه ۹٤
۷-۲ نتیجه‌گیری ۹۵
۷-۳ پیشنهادها ۹٦
مراجع ۹۸

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ۱۰۰

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۱۰٤

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱: ساختار کلی شبکه حسگر بی‌سیم [Akyildiz, 2002]. ۱۶

شکل ۲-۲: ساختمان داخلی گره حسگر/کارانداز [Akyildiz, 2002]. ۱۷

شکل ۳-۱الف) یک محدودیت دایره‌ای ب) یک محدودیت مثلثی ج) مکان تخمین‌زده شده از برخورد دو محدودیت محدب [Doherty, 2001]. ۴۳

شکل ۳-۲ مکانیابی مرکز ثقل، گره N_k در مرکز ثقل A_1,A_2,A_3,A_4 مکانیابی می‌شود[Wang, 2007]. ۴۵

شکل ٤-۱ نمودار توپولوژی تخمین درست‌نمایی حداکثر [He, 2009]. ٦۲

شکل ٤-۲نرم شیب بایاس RSS MLE برای z_1 [Patwari, 2003]. ٦۷

شکل ۵-۱ محدوده گره مرجع در محیط شبکه. ۷۳

شکل ٦-۱ مکان‌های تخمین‌زده شده برای چیدمان تصادفی با توزیع یکنواخت[Abbasi, 2011]. ۸٤

شکل ٦-۲ مکان‌های تخمین‌زده شده برای چیدمان تصادفی گره‌ها با توزیع C–شکل [Abbasi, 2011]. ۸٦

شکل ٦-۳ مکان‌های تخمین‌زده شده برای چیدمان مشبک با ۱۰٪ خطای جایگذاری. ۸۸

شکل ٦-٤ مکان‌های تخمین‌زده شده برای چیدمان مشبکِ C–شکل. ۹۰

شکل ٦-۵ مقایسه بین نتایج دو الگوریتم MLE اولیه و MLE بهبودیافته در چهار چیدمان ذکر شده. ۹۲

فهرست علائم اختصاری

AP	Access point	نقطه دستیابی
CIP	Central information processor	پردازشگر اطلاعات مرکزی
GCC	Generalized cross-correlator	همبسته کننده متقاطع تعمیم یافته
GPS	Global Positioning System	سیستم موقعیت‌یاب جهانی
ID	Identity	شناسه
MDS	Multidimensional scaling	مقیاس گذاری چندبعدی
MLE	Maximum likelihood estimation	تخمین درست‌نمایی حداکثر
PDF	Probability density function	تابع توزیع احتمال
RMSE	Root Mean Square Error	خطای ریشه دوم میانگین
RSS	Received signal strength	شدت سیگنال دریافتی
SCC	Simple cross-correlator	همبسته‌کننده متقاطع ساده
SDP	Semidefinite programming	برنامه نویسی نیمه قطعی
SNR	Signal Noise Ratio	نسبت سیگنال به نویز
TDoA	Time-difference of arrival	اختلاف زمان دریافت
TOA	Time of arrival	زمان دریافت
WSN	Wireless Sensor Network	شبکهٔ حسگر بی‌سیم

فصل۱: مقدمه

۱-۱مقدمه

شبکه حسگر بی‌سیم[1]، شبکه‌ای است متشکل از تعداد زیادی گره حسگر کوچک که به شدت با محیط فیزیکی تعامل دارد. در این شبکه ارتباط بین گره‌ها بصورت بی‌سیم است و هرگره بطور مستقل و بدون دخالت انسان کار می‌کند. در واقع، تفاوت اساسی شبکه‌های حسگر بی‌سیم با شبکه-های سنتی، نحوه ارتباط آن‌ها با محیط و پدیده‌های فیزیکی است. شبکه‌های سنتی ارتباط بین انسان-ها و پایگاه‌های اطلاعاتی را فراهم می‌کنند؛ در حالی که شبکه حسگر مستقیماً با جهان فیزیکی در ارتباط است. برخلاف شبکه‌های سنتی که همه منظوره‌اند شبکه‌های حسگر نوعاً تک منظوره هستند.

شبکه‌های حسگر و موضوعات مربوط به آنها امروزه طیف وسیعی از فعالیت‌ها را در حوزه کامپیوتر، مخابرات و الکترونیک به خود اختصاص داده‌اند. این امر به دلیل کاربردهای بسیار زیاد و مهم آنها در حوزه‌های مختلف و استراتژیک است.

معمولاً، گره حسگر از لحاظ فیزیکی بسیار کوچک است و دارای محدودیت‌هایی در قدرت پردازش، ظرفیت حافظه، منبع تغذیه و ... می‌باشند. این محدودیت‌ها مشکلاتی را بوجود می‌آورند که منشأ بسیاری از مباحث پژوهشی مختلف مانند کاهش مصرف انرژی [انعامی، ۱۳۸۹]، ردیابی اهداف نظامی [انعامی، ۱۳۸۸]، مکان‌یابی [زینلی، ۱۳۸۷] است.

از میان مسائل مربوط به شبکه حسگر، یکی از مهمترین موضوعات مکانیابی گره‌های حسگر موجود در شبکه یا به عبارتی پیدا کردن مختصات جغرافیایی آنها است. در این پایان‌نامه به بررسی نکات مهم در مسئله مکانیابی، سخت‌افزارهای مورد نیاز برای آن و مهمترین الگوریتم‌های مکانیابی با تقسیم‌بندی بر اساس معیارهای خاص و در نهایت ارائه روشی برای بهبود یکی از الگوریتم‌های موجود در زمینه مکانیابی پرداخته می‌شود.

---

[1] Wireless Sensor Network (WSN)

۱-۲ بیان مسئله

یک شبکه حسگر متشکل از تعداد زیادی گره‌های حسگر است که در یک محیط به‌طور گسترده پخش شده و به جمع‌آوری اطلاعات از محیط می‌پردازند [Wang, 2007].

یکی از چالش‌ها در شبکه‌های حسگر بی‌سیم پیدا کردن موقعیت حسگرهایی می‌باشد که مجهز سیستم مکانیابی سراسری[1] نیستند. در شبکه حسگر بی‌سیم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست که تمامی حسگرها مجهز به GPS باشند و فقط ممکن است برخی از آنها (موسوم به گره‌های مرجع) دارای GPS باشند، از اینرو ارائه یک روش مکانیابی برای گره‌های حسگر که دارای دقت بالا و در عین حال از نظر توان مصرفی و سایر هزینه‌های سخت افزاری حداقل باشد یکی از مباحث مهم در تحقیقات انجام شده در حوزه شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌باشد.

مسئله مکانیابی به سه طبقه زیر تقسیم می‌شود:

۱- مکانیابی گره: فرایند تعیین مختصات گره‌های حسگر در شبکه حسگر بی‌سیم
۲- مکانیابی مقصد: فرایند بدست آوردن یک رخداد یا نمایش یک مقصد در شبکه حسگر، که می‌تواند به صورت فعال یا غیرفعال بدست آید.
۳- مکانیابی سرویس: مانند یک مخزن عمل می‌کند که به سوالاتی از قبیل: "موجودیت X کجاست؟" پاسخ می‌دهد [Wang, 2007].

تا کنون تحقیقات زیادی در زمینه مکانیابی حسگرها انجام شده است. این تحقیقات از چارچوب‌های تئوریک گوناگونی برای اثبات ایده‌های خود استفاده نموده‌اند. یکی از متدهای موجود در این زمینه استفاده از متد تخمین درست‌نمایی حداکثر[2] است.

در تمام الگوریتم‌های ارائه شده پیشین با استفاده از متد MLE، رویکردها به سمت ایجاد یک تخمین دقیق از مکان حسگرها بوده است و هر الگوریتم سعی در برطرف کردن مشکلات این متد داشته

---

[1] Global Positioning System(GPS)
[2] Maximum Likelihood Estimation (MLE)

است. یکی از مشکلات این الگوریتم حداکثرکردن محلی در شبکه به جای حداکثرسازی سراسری است که این نقص در اثر ندادن یک تخمین اولیه مناسب به متد مذکور به وجود می‌آید. یکی دیگر از معایب آن، عدم استفاده بهینه از گره‌های مرجع در مکانیابی است، به گونه‌ای که با ازدیاد تعداد گره-های مرجع بهبود چندانی در تخمین مکان بدست نمی‌آید [Desai, 2007].

در این پایان‌نامه از متد MLE برای مکانیابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم استفاده شده است. در اینجا برخی از مشکلات ذکر شده در این متد برطرف گشته است.

در این پایان‌نامه سوال‌های اساسی زیر مطرح است:

۱. آیا می‌توان روشی برای بدست آوردن یک تخمین اولیه مناسب برای رفع مشکل حداکثرسازی محلی در متد MLE ارائه کرد؟

۲. آیا می‌توان به نحو موثرتری از گره‌های مرجع در متد MLE استفاده کرد؟

۳. آیا می‌توان از ارتباطات بین یک گره حسگر و دیگر گره‌های حسگر برای داشتن تخمین بهتر استفاده کرد؟

٤. در متد MLE، چگونه می‌توان به دقتی بهتر دست یافت؟

٥. چگونه می‌توان تعادلی بین معیارهای طراحی یک الگوریتم مکانیابی با استفاده از این تکنیک برقرار کرد؟

۱–۳ تاریخچه و سابقه موضوع

یکی از الگوریتم‌های مکانیابی مطرح، متد MLE است که بر پایه متد آماری "تخمین درست‌نمایی حداکثر" بنا شده است. متد MLE برای مناسب ساختن یک مدل آماری بر روی داده‌ها و تهیه تخمینی برای پارامترهای مدل استفاده می‌شود و برای فراهم کردن یک مقیاس توصیفی به منظور خلاصه سازی داده‌های مشاهده شده مفید است [Myung, 2003].

متد MLE اولین بار به طور دقیق توسط فیشر[1] درسال ۱۹۲۲ مورد تحلیل و استفاده وسیع قرار گرفت. پس از آن، متد MLE برای مکانیابی عناصر مختلف مانند مکانیابی منابع در صفی از حسگرهای غیرفعال بکار رفت.

در سال ۲۰۰۱، برای اولین بار ایده استفاده ازMLE برای مکانیابی حسگرهای فاقد سیستم GPS با توجه به اطلاعات بدست آمده از شدت سیگنال دریافتی[2] از دیگر حسگرهای عادی و همچنین گره-های مرجع که از مکان خود آگاهی دارند، توسط پت‌وری[3] در [Patwari, 2001] مطرح شد. این الگوریتم به صورت متمرکز و بر پایه بهره‌گیری از یک پردازشگر اطلاعات مرکزی[4] بود. وی در این مقاله بیان کرد که استفاده از RSS در شبکه‌های حسگر متراکم، باعث کمتر شدن میزان خطا در اندازه گیری RSS و استفاده از مزایای آن خواهد بود.

در سال ۲۰۰۳ در مقاله [Patwari, 2003] که مجددا توسط پت‌وری نگاشته شد، وی به تبیین بیشتر متد MLE پرداخت و این قابلیت را در الگوریتم خود ایجاد کرد که با اطلاعات بسیار متنوعی مانند RSS، TOA اقدام به مکانیابی حسگرها کند.

در سال ۲۰۰۷، محققان در [Takashima, 2007] به ارائه بهبودهایی در مکانیابی با متد MLE پرداختند. روش ارائه شده در آن مقاله برای مدیریت مکان عناصر داخل یک محیط مانند افراد مفید است و MLE برای مکانیابی در محیط‌های آزمایشی مختلف بکار رفت و پارامترهای اندازه‌گیری اطلاعات در انواع محیط‌ها، به صورت تجربی محاسبه شد.

در سال ۲۰۰۹، محققان در [Laaraiedh, 2009] روشی را برای تخمین مکان بدون استفاده از مسافت تخمین زده شده بر اساس شدت سیگنال و مستقیماً بر اساس شدت سیگنال اندازه‌گیری شده و با در نظر گرفتن مدل لاگ-نرمال[5] توان مفقود شده، استفاده کردند. هم‌چنین، شماهای تخمین مبتنی بر

---

[1] Fisher
[2] Received Signal Strength(RSS)
[3] Patwari
[4] Central Information Processor(CIP)
[5] Log-normal

شدت سیگنال غیر مستقیم مورد بررسی قرار گرفتند. در این شِماها دو مرحله تخمین وجود دارد، تخمین مسافت از شدت سیگنال و سپس تخمین موقعیت با استفاده از تخمین حداقل مربعات وزن-دار. در آن مقاله نشان داده شده که کارایی این شِماها بستگی به تخمین‌گر استفاده شده در مرحله اول دارد. و به همین دلیل پیشنهاد استفاده از MLE به جای تخمین‌گر میانه، برای بهبود دقت مکانیابی شده است.

در هر یک از تحقیق‌های ذکر شده در بالا، سعی در بهبود متد MLE شده است. اما این متد همچنان دارای مشکلاتی است که این پایان‌نامه سعی در برطرف کردن آنها دارد. یکی از این مشکلات نداشتن تخمین درست و حداکثرسازی محلی به جای حداکثرسازی سراسری است که این امر به خاطر ندادن یک تخمین اولیه مناسب به متد است. یکی دیگر از این معایب، عدم استفاده مفید از گره‌های مرجع در این روش است. در این پایان‌نامه روشی برای برطرف کردن این مشکلات ارائه شده است.

۱–۴ فرضیه‌های تحقیق

- با داشتن یک تخمین اولیه مناسب می‌توان مشکل حداکثرسازی محلی در متد MLE را تا حد زیادی برطرف کرد.
- با اندازه‌گیری مسافت بین هرگره حسگر و دیگر گره‌ها و اندازه‌گیری میزان تعلق یک گره حسگر به محدوده هر گره مرجع می‌توان یک تخمین اولیه از مکان حسگر داشت.
- در صورت تعیین میزان تعلق هر گره حسگر به محدوده هر گره مرجع، میزان خطا در لبه‌های محیط شبکه کاهش می‌یابد.
- با ایجاد مجموعه تعلق گره‌های حسگر به هر گره مرجع، می‌توان استفاده بهتری از گره‌های مرجع کرد.

۱–۵ اهداف تحقیق

هدف اصلی این تحقیق ارائه الگوریتمی بر پایه متد MLE برای تخمین مکان هر گره حسگر که مجهز به سیستم مکانیابی سراسری نیست، می‌باشد. در راستای رسیدن به این هدف، اهداف زیر دنبال خواهند شد: