Archive of SID

JIPET

Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology
Vol. 12/ No. 47/ Autumn 2021
P-ISSN: 2322-3871, E-ISSN: 2345-5594, http://jipet.iaun.ac.ir/

A Novel GPS-Free Localization Algorithm for Ad-Hoc Network Nodes

Hamed Ahmadian Yazdi, *PhD Student*, Mohammad Ali Pourmina, *Associate Professor*, Afrooz Haghbin, *Assistant Professor*

Department of Electrical and Computer Engineering- Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
hamed.ahmadian@srbiau.ac.ir, pourmina@srbiau.ac.ir, a.haghbin@srbiau.ac.ir

Abstract:

In this paper, we present the new positioning algorithm of ad-hoc network nodes based on the exchange of radio signals among nodes. The proposed algorithm is independent of GPS data. In conventional positioning methods, the location of nodes in a network is estimated in two steps. In the first step, each node calculates its local location and neighbors based on the Multi-dimensional scaling (MDS) method. In the second step, the local location of the nodes transforms into a unique global location. In these methods, the location of the positioned nodes is used as a rotation reference for the next nodes though this calculated location is not accurate. Also, the Dijkstra method is not exact either and produces errors which transmitted to the next nodes. Therefore, the positioning error is very high in the final nodes positioned. In the proposed algorithm, using the optimal algorithm, the estimated locations in the conventional method use as initial estimates, and these errors reduce so that the whole network reaches a stable state. The simulation results show that the proposed algorithm can solve the error propagation problem compared to the MDS algorithm and achieved the appropriate accuracy and stability with the least increase of overhead and low computational complexity load by mobility of the existing nodes.

Keywords: ad-hoc network, GPS-free localization, MDS, dijkstra.

Received: 26 December 2020
Revised: 17 January 2021
Accepted: 28 February 2021

Corresponding Author: Dr. Mohammad Ali Pourmina

Citation: H. Ahmadian-Yazdi, M. A. Pourmina, A. Haghbin, "A novel GPS-free localization algorithm for ad-hoc network nodes", Journal of Intelligent Procedures in Electrical Technology, vol. 12, no. 47, pp. 13-28, December 2021 (in Persian).

www.SID.ir

Archive of SID

DOR: 20.1001.1.23223871.1400.12.3.2.2

مقاله پژوهشی

الگوریتم جدید مکان‌یابی گره‌های شبکه MANET به‌طور مستقل از GPS

حامد احمدیان یزدی، دانشجوی دکتری، محمدعلی پورمینا، دانشیار، افروز حق‌بین، استادیار

دانشکده مهندسی مکانیک، برق و کامپیوتر- واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
hamed.ahmadian@srbiau.ac.ir, pourmina@srbiau.ac.ir, a.haghbin@srbiau.ac.ir

چکیده: در این مقاله الگوریتم مکان‌یابی گره‌های شبکه اقتضایی[۱] براساس تبادل سیگنال‌های رادیویی بین گره‌های شبکه و به‌طور مستقل از سیستم موقعیت‌یاب جهانی[۲] (GPS) ارائه می‌شود. در روش‌های مرسوم مکان‌یابی، مکان گره‌ها در یک شبکه در دو مرحله تخمین زده می‌شود. در مرحله‌ی اول هر گره مکان محلی خود و همسایگانش با استفاده از روش مقیاس‌بندی چند-بعدی[۳] (MDS) محاسبه و در مرحله‌ی دوم، مکان محلی گره‌ها به یک مکان سراسری واحد تبدیل می‌گردد. در این روش‌ها از مکان گره‌های مکان‌یابی به‌عنوان مرجع چرخش برای گره‌های بعدی استفاده می‌شود که این مکان محاسبه‌شده دقیق نیست. همچنین روش دیجسترا[۴] نیز روش دقیقی نبوده، خطای موجود در هر گره به گره‌های بعدی انتقال می‌یابد. بنابراین، خطای موقعیت‌یابی در گره‌های نهایی که مکان‌یابی می‌شوند، بسیار زیاد است. در الگوریتم پیشنهادی، با استفاده از الگوریتم بهینه، از مکان‌های تخمین زده‌شده در روش MDS به‌عنوان تخمین اولیه استفاده می‌شود و این خطاها به‌گونه‌ای کاهش می‌یابد تا کل شبکه به یک حالت پایدار برسد. نتایج شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی می‌تواند نسبت به الگوریتم MDS مشکل انتشار خطا را حل کرده و با تحرک مجدد گره‌های موجود دقت و پایداری مناسبی را با کمترین افزایش سربار و بار پیچیدگی محاسباتی پائین حل می‌کند.

کلمات کلیدی: شبکه اقتضایی، مکان‌یابی مستقل از GPS، مقیاس‌بندی چندبعدی، دیجسترا

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۶
تاریخ بازنگری مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۲۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۱۰

نام نویسنده‌ی مسئول: دکتر محمدعلی پورمینا
نشانی نویسنده‌ی مسئول: تهران- دانشکده مکانیک، برق و کامپیوتر- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

در یک شبکه اقتضایی گره‌ها به‌صورت غیرمتمرکز بر اساس ساختاری از پیش تعریف‌شده و برای انجام مأموریتی خاص شبکه را شکل می‌دهند. برای برقراری ارتباط میان گره‌های شبکه‌های اقتضایی، لازم است که مراحل کشف گره‌های همسایه و مسیریابی انجام شود. یکی از ساده‌ترین و متداول‌ترین روش‌ها برای این منظور الگوریتم سیلابی[۵] است که گره مبدأ پیام را برای تمام همسایگان یک گام خود ارسال کرده و با تکرار این فرآیند در گره‌های همسایه در نهایت گره مقصد داده را دریافت خواهد نمود [۱]. اما همان‌طور که قابل‌انتظار است این روش مسیریابی منجر به استفاده غیر بهینه از منابع شبکه مانند توان، پهنای باند و .... می‌شود. برای رفع معایب مسیریابی سیلابی، روش‌های مسیریابی دیگری پیشنهاد شده‌اند که وابسته به اطلاع از محل گره‌های شبکه هستند. به‌عبارت‌دیگر در مرحله مسیریابی با استفاده از این اطلاعات، بهینه‌ترین و کوتاه‌ترین مسیر بین فرستنده و گیرنده انتخاب می‌گردد [۲]. چنانچه به هر دلیلی اطلاعات سیستم GPS قابل‌دستیابی نباشد، عملکرد شبکه اقتضایی مختل خواهد شد. معروف‌ترین پیوند تاکتیکی که کشورهای عضو پیمان ناتو از آن استفاده می‌کنند، پیوند ۱۶ هست. در این سیستم، مکان‌یابی مستقل از GPS برای گره‌های داخل شبکه از طریق زمان رفت و برگشت[۶] (RTT) سیگنال‌های رادیویی محاسبه‌شده و سپس مکان هندسی موقعیت گره‌ها از گره مرجع به دست می‌آید [۳].

۱-۱- مروی بر روش‌های مطرح در مکان‌یابی گره‌های شبکه اقتضایی

مشهورترین الگوریتم‌های موقعیت‌یابی[۷] مبتنی بر تبادل سیگنال رادیویی شامل تکنیک‌های نشانگر توان سیگنال دریافتی[۸] (RSSI)، زاویه ورود[۹] (AoA) و زمان ورود[۱۰] (ToA) هست. در مرجع [۴] روش‌های مطرح‌شده بر مبنای تخمین فواصل بین گره های همسایه با استفاده از RSSI هستند. محاسبه فاصله بر اساس RSSI به شرایط فیزیکی مخابره در شبکه‌های بی‌سیم وابسته است. در واقع ازنظر تئوری قدرت سیگنال به‌صورت معکوس با مربع فاصله بین دو گره متناسب است و با فرض‌کردن مدلی تجربی یا نظری برای محیط توان سیگنال دریافتی به فاصله تبدیل می‌شود. در بین تکنیک‌های اندازه‌گیری فاصله RSSI ساده‌ترین و ارزان‌ترین هست چراکه سخت‌افزار اضافه‌ای نیاز ندارد. اما تعمیم یافتن فاصله از این روش برای مکان‌یابی سه‌بعدی سبب افزایش هزینه‌های محاسباتی و کاهش دقت مکان‌یابی خواهد شد. در محیط‌های واقعی RSSI بسیار به نویز و موانع به‌ویژه در محیط‌های سرپوشیده حساس است. این عامل ناشی از اثرات انتشار چندمسیره[۱۱]، محو شوندگی[۱۲] و بازتاب هست. این عوامل سبب می‌شوند که روش‌های مبتنی بر RSSI داده‌های بیشتری نسبت به سایر روش‌ها نیاز داشته باشند تا بتوانند به‌دقت بالاتری دست یابند.

در مرجع [۵] یک شبکه بی‌سیم موبایل اقتضایی[۱۳] (MANET) در نظر گرفته‌شده که در آن همه‌ی گره‌ها، اطلاعاتی حرکتی سنسورهای دیگر را در اختیار دارد. برای استخراج اطلاعات حرکتی از یک روش مکان‌یابی مبتنی بر برنامه‌نویسی مخروطی مرتبه دوم[۱۴] (SOCP) برای اندازه‌گیری مدل‌های TOA وRSSI استفاده می‌شود. در این طرح تعدادی حس‌گر به‌عنوان گره به‌صورت منظم و تعدادی گوشی همراه به‌عنوان لنگر[۱۵] فرض شده است که تمام این گره‌ها و لنگرها می‌توانند به‌صورت مستقل حرکت کنند. مکان لنگرها معلوم بوده ولی مکان گره‌ها باید تخمین زده شوند. در مرجع [۶] یک روش جدید در شبکه‌های بی‌سیم زیرآبی برای موقعیت‌یابی گره‌ها را ارائه می‌دهد. در این روش موقعیت گره‌ها تنها با تعداد کمی از گره لنگر قابل‌محاسبه است. در مختصات سیستم‌های محلی[۱۶] طرح پیشنهادی فاصله اقلیدسی گره‌های لنگر تا دیگر گره‌ها را با کمک اندازه‌گیری AOA تخمین می‌زند. در مرجع [۷] دو الگوریتم جدید جهت حل مسئله مکان‌یابی گره‌ها مبتنی بر RSS/AOA ارائه‌شده است. در این روش مکان گره‌های در مختصات ۳ بعدی و به‌صورت ترکیبی از اطلاعات RSS و AOA محاسبه می‌شود. همچنین توان‌های فرستنده گره‌ها معلوم بوده و از تکنیک‌های مبتنی بر تکنیک SOCP و GTRS استفاده می‌شود. در مرجع [۸] تکنیک مکان‌یابی شبکه مشارکتی[۱۷] TOA مبتنی بر الگوریتم حداقل مربعات خطی[۱۸] (LLS) پیشنهادشده است. در این شبکه مکان گره‌ها به‌صورت تصادفی بوده و در یک فضای فیزیکی معین تغییرات را دنبال می‌شود. مکان‌یابی بی‌سیم داخلی یک مسائله چالشی بزرگ برای فنّاوری‌ها و برنامه‌هایی که نیازمند این هستند تا اطلاعات موقعیت را دقیق و مقاوم داشته باشند. بیشتر محدودیت‌ها بر عملکرد موقعیت‌یابی بی‌سیم داخلی[۱۹] متأثر از معماری پیچیده ساختمان، تجهیزات زینتی ساختمان، و در دسترس نبودن و در دسترس نبودن اطلاعات GPS در محیط‌های داخلی است. امروزه مکان‌یابی داخلی مبتنی بر زمان به‌عنوان یکی از محبوب‌ترین و بهترین

www.SID.ir

Archive of SID

گرایش محققان برای شبکه‌های بی‌سیم فرض شده است. بزرگ‌ترین مشکل تکنیک‌های موقعیت‌یابی مبتنی بر TOA ایجاد همزمان‌سازی دقیق بین گره‌های شبکه است. در مرجع [۹] روش موقعیت‌یابی مبتنی بر اخلاف زمان ورود[۷] (TDOA) در شبکه-های بی‌سیم داخلی پیشنهادشده، که مبتنی بر رویکرد همزمان‌سازی مؤثر ترکیبی زمان است.

شبکه‌های اقتضایی وسایل نقلیه[۲۰] (VANETs) یکی از حوزه‌های تحقیقاتی جذاب بوده و روزبه‌روز تقاضا در این حوزه به‌طور ویژه برای کاربردهای بی‌خطر عمومی در حال افزایش هست. در VANETs ارتباط وسایل نقلیه با یکدیگر برای تبادل اطلاعات راه و ترافیک صورت می‌گیرد. در اکثر کاربردهای سرویس اصلی این شبکه، سرویس‌های مبتنی بر موقعیت است. این شبکه به اطلاعات صحیح موقعیت وسایل نقلیه به‌صورت بلادرنگ را نیاز دارد. در مرجع [۱۰] یک بهبودی در الگوریتم‌های مرسوم برای اندازه‌گیری TOA در مکان‌یابی VANETs پیشنهادشده است. برای دست‌یابی هر وسیله نقلیه به موقعیت خود تعداد کمی آنتن در کنار جاده به‌عنوان وسیله نقلیه لنگر[۲۱] (AVs) جایگذاری می‌شود. روش پیشنهادشده یک راه‌حل مناسب هست که در برابر نویزهای بزرگ مقاوم است. برای این منظور از حد پائین کرامر-رائو[۲۲] (CRLB) برای محاسبه عملکرد روش مکان‌یابی ۳ بعدی VANETs استفاده می‌شود.

در شرایط کانال نویز گوسی جمع شونده[۲۳] (AWGN)، روش‌های مکان‌یابی منبع مبتنی بر انرژی با استفاده از مدل‌های ضریب افت کانال در نظر گرفته می‌شود. در مرجع [۱۱] از الگوریتم مدل ترکیب گوسی[۲۴] (GMM) و الگوریتم مکان‌یابی مبتنی بر RSSI و تخمین موقعیت بیشترین شباهت[۲۵] (ML) برای مکان‌یابی گره‌ها استفاده کرده شده است. در این روش الگوریتم موقعیت‌یابی پیشنهادی مبتنی بر RSS تخمین‌گر برنامه ترکیبی گاوسی[۲۶] (GM-SDP) نامیده شده است. نتایج شبیه‌سازی و تجربی کارایی عملکرد الگوریتم پیشنهادشده GM-SDP را نسبت به الگوریتم‌های مرسوم نشان می‌دهد.

در مرجع [۱۲] از روش تخمین فاصله مبتنی بر اندازه[۲۷] مبتنی بر توان سیگنال دریافتی و زمان ورود برای محاسبه مکان گره‌های شبکه استفاده کرده است. علاوه بر این از یک تخمین‌گر جدید مبتنی ML برای افزایش دقت مکان‌یابی استفاده‌شده است. مکان‌یابی گره یکی از وظایف اصلی در شبکه‌های بیسیم حس‌گر[۲۸] (WSNs) است. الگوریتم پرش بردار فاصله[۲۹] (DV-Hop) یکی از بهترین الگوریتم‌های مکان‌یابی به خاطر پایین بودن پیچیدگی، هزینه پایین و سادگی آن است. در این روش تعداد گره‌های لنگر کم باشد. در مرجع [۱۳] برای بهبود دقت مکان‌یابی یا الگوریتم وزنی DV-Hop مبتنی بر RSSI پیشنهادشده است. در مرجع [۱۴] یک مدل مشارکتی عمومی سه‌بعدی برای شبکه‌های اقتضایی بین خودرویی به‌صورت ترکیبی از اندازه‌گیری TOA، RSSI، AOA در شرایط وجود فرکانس داپلر پیشنهادشده است.

اخیرا روش مقیاس‌بندی چندبعدی (MDS) به عنوان الگوریتم مکان‌یابی مبتنی بر اندازه‌گیری فاصله میان گره‌ها پیشنهاد شده است [۱۶،۱۵]. این الگوریتم از محاسبات آنالیز داده‌ها استفاده می‌کند و زمان مورد نیاز برای مکان‌یابی برای شبکه‌ای با n گره از مرتبه $o(n^3)$ است. MDS از ماتریس فاصله گره‌ها استفاده می‌کند و با یافتن ۲ و یا ۳ مقدار ویژه بزرگتر و بردار ویژه‌های متناظرشان مختصات نسبی گره‌ها را در دو یا سه بُعد بدست می‌آورد. هر گره شبکه خود را بعنوان گره مرجع برای گره‌های اطراف خود در نظر گرفته شده و مکان‌یابی محلی گره‌های همسایه را انجام می‌دهد. پس از اتمام این مرحله، محورهای مختصات گره‌های مختلف چرخش داده می‌شود تا تمام گره‌ها در چارچوب محورهای مختصات واحد تعریف شوند. در روش MDS هر گره شبکه مرجع گره‌های همسایه‌ی خود است و از آنجایی که محاسبه مکان محلی گره‌ها با خطا انجام می‌شود، با گسترش شبکه این خطای مکان‌یابی در شبکه منتشر می‌شود. به همین دلیل مکان نهایی نودهای شبکه دقت کمی دارد. همچنین حرکت گره‌ها در این الگوریتم می‌تواند بر این خطای انتشاری افزوده شود.

۱-۲- نوآوری مقاله

در این مقاله الگوریتم مکان‌یابی پیشنهادی گره‌های MANET برای کاهش خطای انتشاری و خطای حرکتی گره‌ها در الگوریتم MDS ارائه می‌گردد. برای این منظور، ابتدا به‌وسیله‌ی الگوریتم، مکان اولیه‌ی گره‌های شبکه را نسبت به یک مرجع خاص تخمین زده می‌شود. سپس به‌وسیله‌ی یک الگوریتم مبتکرانه، دقت مکان گره‌ها بهبود داده می‌شود. به این صورت که با استفاده از مکان‌های تخمین زده شده در الگوریتم MDS، به‌طور مجدد فاصله‌ی بین تمام گره‌هایی که در همسایگی هم قرار دارند محاسبه

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود. از طرفی، شبکه‌ی مورد نظر می‌تواند با استفاده از اندازه‌گیری‌های مختلف TOA، فاصله‌ی بین نودهای همسایه را نیز اندازه‌گیری کند. الگوریتم پیشنهادی با استفاده از فاصله‌ی اندازه‌گیری شده و تخمین زده شده، ضریبی با نام "ضریب خطا" را به هر یک از گره‌های شبکه اختصاص می‌دهد که بیانگر دقت مکانی هر نود است. الگوریتم مکان‌یابی پیشنهادی از ضریب خطا برای حل یک مسئله‌ی بهینه‌سازی استفاده کرده و دقت مکان‌یابی را بهبود می‌دهد.

برای این منظور در بخش ۲ الگوریتم MDS مکان‌یابی گره‌های MANET ارائه می‌شود و مراحل آن توضیح داده خواهد شد. این الگوریتم به دلیل وجود پدیده انتشار خطا از مختصات محلی به سراسری و همچنین حرکت گره‌ها دقت مناسبی ندارد. برای این منظور در بخش ۳ الگوریتم پیشنهادی مکان‌یابی گره‌های MANET مبتنی بر تخمین TOA و جبران‌سازی خطا ارائه می‌گردد. در بخش ۴ نتایج شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی در مقایسه با روش MDS در سناریوهای مختلف پیکربندی شبکه[۳۰] ارائه و دقت روش پیشنهادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲- الگوریتم MDS برای مکان‌یابی گره‌های MANET

۲-۱- مدل سیستم

یک شبکه به‌صورت یک گراف بدون جهت با رئوس V و یال‌های E در نظر گرفته می‌شود. رئوس این گراف در واقع گره‌های شبکه هستند که فرض می‌شود $m\geq 0$ تا از آن‌ها لنگرگاه باشند و موقعیت خود را بدانند. اگر فقط اطلاعات مجاورت در اختیار باشد، مقداری که به هر یال گراف اختصاص داده می‌شود یا یک است (اگر ارتباط بین دو گره برقرار باشد) و یا صفر است (اگر ارتباطی بین دو گره برقرار نباشد). هچنین می‌توان در صورتی که اطلاعات فواصل تخمینی بین هر دو گره در اختیار باشد، مقدار این فاصله به یال بین هر دو گره اختصاص داده شود. در این حالت فرض می‌شود که گره iم دارای N همسایه (با اندیس‌های $i=1,2,\ldots,N$) باشد. بنابراین ماتریس همجواری[۳۱] آن به‌صورت زیر است:

$$D_i = \begin{bmatrix} 0 & d_{i1} & d_{i2} & \cdots & d_{iN} \\ d_{1i} & 0 & & & d_{1N} \\ & & \ddots & & \vdots \\ \vdots & & & & \\ d_{Ni} & d_{N1} & & \cdots & 0 \end{bmatrix} \qquad (۱)$$

که در این رابطه d_{ij} برابر است با:

$$d_{ij} = \sqrt{((y_i - y_j)^2 + (x_i - x_j)^2)} \qquad (۲)$$

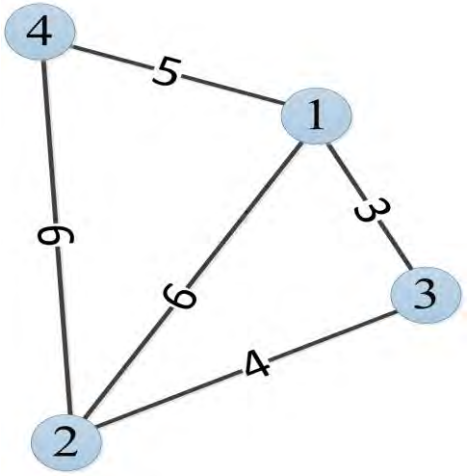
توجه شود که اگر مکانی غیر از قطر اصلی این ماتریس صفر بود (گره‌های همسایه‌ی گره مرجع باهم همسایه نبودند)، مکان خالی موردنظر توسط روش دیجسترا پر می‌گردد. فرضی که در این روش باید در شبکه برقرار باشد آن است که بین هر دو گره از شبکه حتماً مسیری وجود دارد که البته فرض محدود کننده‌ای نیست. بعنوان مثال فرض کنید ۴ گره در شبکه به‌صورت شکل (۱) وجود داشته باشد، ۴ ماتریس همجواری تعریف می‌شود که به‌وسیله‌ی آن‌ها مکان محلی خود گره و گره‌های همسایه‌ی آن‌ها به‌دست می‌آید. این ماتریس‌ها در گره‌های مختلف به‌صورت زیر هستند:

در گره اول یک ماتریس ۴×۴، در گره دوم یک ماتریس ۴×۴، در گره سوم یک ماتریس ۳×۳، در گره چهارم یک ماتریس ۳×۳ تعریف می‌شود که به‌وسیله‌ی این ماتریس‌ها مکان خود این گره‌ها و همسایگانشان به‌صورت محلی به‌دست می‌آید. به‌عنوان مثال ماتریس هم‌جواری به مرکزیت گره چهارم به‌صورت زیر است:

$$D_4 = \begin{bmatrix} 0 & 5 & 9 \\ 5 & 0 & 6 \\ 9 & 6 & 0 \end{bmatrix} \qquad (۳)$$

جزئیات روش دیجسترا به این صورت است که گره‌هایی که در همسایگی تک-گام یکدیگر قرار ندارند و فاصله‌ی بینشان معلوم نیست، تخمینی از فاصله‌شان ارائه می‌کند. به‌عنوان مثال در شکل (۱) از آنجائی که فاصله‌ی بین گره‌های سوم و چهارم معلوم نیست، از فواصل چند گام آن‌ها استفاده می‌شود و این فاصله را به‌صورت رابطه (۳) به‌دست آورد:

www.SID.ir



شکل (۱): یک شبکه با ۴ گره و نحوه تکمیل ماتریس فاصله گره‌ها

Figure (1): A network with 4 nodes and considering the node distance matrix

$$d_{34} = \min(d_{31} + d_{14}, d_{32} + d_{24}) \quad (۴)$$

هدف از این الگوریتم تخمین سراسری گره‌های یک شبکه با استفاده از اندازه‌گیری‌های فاصله بین گره‌ها است. این الگوریتم ابتدا مکان تمام گره‌های شبکه و همسایگان آن‌ها را به‌صورت محلی تخمین زده و پس از آن مختصات محلی را به مختصات سراسری تبدیل می‌کند. اگر فقط گام اول الگوریتم برای گراف شبکه اجرا شود، خروجی آن مختصات‌های نسبی برای گره‌ها است. با اجرای گام دوم می‌توان موقعیت واقعی هر گره تعیین نمود. در یافتن مختصات نسبی در واقع هدف پیدا کردن نگاشتی از گره‌ها به مختصات دو یا سه بُعدی است به گونه‌ای که ارتباطات همسایگی و مجاورت بین گره‌ها حفظ شود. این نوع مکان‌یابی در شرایطی کاربرد دارد که گره‌هایی از توان بالا و یا تجهیزات گران استفاده نمی‌کنند. جزئیات مراحل این الگوریتم ادامه شرح داده می‌شود.

۲-۲- به دست آوردن مختصات محلی گره‌ها

در این الگوریتم در مکان هر گره یک ماتریس همجواری تشکیل داده می‌شود که مؤلفه‌های آن فاصله‌ی بین گره‌های مختلف است. این الگوریتم با کمک روش MDS و با استفاده از ماتریس‌های همسایگی در هر گره، مکان خود گره را در مبدأ مختصات (۰,۰) در نظر گرفته و مکان گره‌های همسایه‌ی آن را متناسب با آن تخمین می‌زند. در ادامه، ماتریس B جدیدی با ضرب ماتریس مرکزی کننده [۳۲] در این ماتریس به‌دست می‌آید [۱۶،۱۵]:

$$B = -\frac{1}{2} H D_i^2 H^T \quad (۵)$$

$$H = I - \frac{1}{N+1} 1 \quad (۶)$$

در این رابطه H ماتریس مرکزی کننده، I ماتریس واحد و 1 ماتریس تمام ۱ است. علت ضرب ماتریس مرکزی کننده را در ماتریس B ایجاد مقادیر ویژه‌ای برابر یا بزرگ‌تر از صفر هست. با دقت در ماتریس B می‌توان دریافت که برابر است با:

$$B = ZZ^T \quad (۷)$$

که در این رابطه:

$$Z = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}^T \in R^{N \times 2} \quad (۹)$$

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_N] - \frac{1}{N} \sum_{v=1}^{N} x_v \quad (۱۰)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$Y = [y_1, y_2, \dots, y_N] - \frac{1}{N}\sum_{v=1}^{N} y_v \quad (۱۱)$$

که در رابطه‌ی بالا X و Y بردارهایی با N درایه هستند که هر درایه‌ی آن‌ها با مؤلفه‌های x و y گره‌های شبکه متناسب است. مطابق رابطه‌ی (۵) اگر بتوان ماتریس B را به‌صورت ضرب یک ماتریس در ترانهاده‌ی خود نوشت، ماتریس حاصل ماتریس مکان دوبعدی گره‌های شبکه است و با به دست آوردن آن ماتریس مسئله‌ی مکان‌یابی حل‌شده است. یکی از راه‌هایی که می‌توان ماتریس B را به‌صورت ضرب یک ماتریس در ترانهاده‌ی خود نوشت، استفاده از تجزیه‌ی مقدار منفرد[۳۳] (SVD) است. با استفاده از روش SVD و اعمال آن به ماتریس B داریم:

$$B = U\Sigma U^T \quad (۱۲)$$

از آنجائی که ماتریس یک ماتریس قطری است می‌توان نوشت $\Sigma = RR^T$ که $R = \Sigma^{\frac{1}{2}}$. بنابراین رابطه‌ی بالا را می‌توان به‌صورت (۱۳) نوشت:

$$B = URR^TU^T \quad (۱۳)$$

با مقایسه‌ی روابط (۷) و (۱۳) نتیجه می‌شود:

$$Z = U\Sigma^{\frac{1}{2}} \quad (۱۴)$$

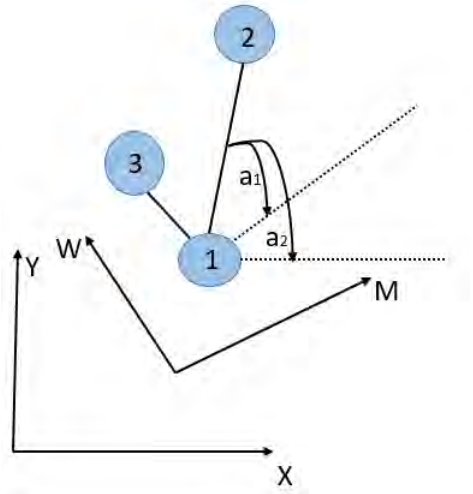
برای به‌دست آوردن ماتریس Σ باید دوتا از بیشترین مقادیر ویژه‌ی ماتریس B را انتخاب گردد.

۳-۲- تبدیل مختصات محلی به مختصات سراسری

در بخش قبل مکان محلی تمام گره‌ها و همسایگانشان بر اساس مختصات محلی خودشان محاسبه گردید می‌توان مکان محلی تمام گره‌ها را بر حسب یکی از این مختصات‌ها به‌دست آورد به‌عنوان مثال فرض کنید در شکل (۱) مختصات گره چهارم را به‌عنوان مرجع در نظر بگیریم. بنابراین گره چهارم و همسایگانش (گره اول و دوم) مکان سراسری‌شان معلوم است. در مرحله‌ی بعد میخواهیم مکان محلی گره اول و همسایگانش (دوم، سوم و چهارم) را با چرخش و انتقال به مختصات گره چهارم و همسایگانش تبدیل کنیم. برای این‌کار باید تعداد گره‌های مشترک بین این دو مجموعه (مجموعه‌ی گره اول و همسایگانش و مجموعه‌ی گره چهارم و همسایگانش) بیشتر از ۳ گره باشد تا بتوان چرخش لازم را به مجموعه‌ی جدید (گره‌های اول و همسایگانش) اعمال کرد. در مثال خاص بالا، گره‌های مشترک بین این دو مجموعه، گره‌های اول، دوم و چهارم هستند. بنابراین مجموعه‌ی اول (گره‌های چهارم، اول و دوم) و مجموعه‌ی دوم (گره‌های اول، دوم، سوم و چهارم) به‌طور جداگانه مکان‌یابی می‌شوند سپس محورهای مختصات مجموعه‌ی دوم (گره‌های اول، دوم، سوم و چهارم) باید چرخش داده شوند و مبدا آن باید جابه‌جا شود تا مکان این گره‌ها مطابق مختصات محلی مجموعه‌ی اول محاسبه شود. از آنجای‌که تعداد گره‌های مشترک بین این دو مجموعه برابر ۳ است، این چرخش مختصات قابل انجام است و مکان مجموعه گره‌های جدید می‌تواند براساس مختصات محلی مجموعه‌ی اول نوشته شود. از طرف دیگر، باید به این نکته توجه نمود که گره‌هایی که در مجموعه‌ی اول قرار داشتند، از قبل مختصاتشان سراسری شده بود (مانند گره‌های دوم و چهارم و اول). بنابراین دیگر اقدامی روی آن‌ها انجام نمی‌شود و تنها مکان گره‌هایی که تاکنون مکانشان بر اساس مختصات مجموعه‌ی اول نوشته نشده بود (مانند گره سوم)، بروزرسانی می‌شود. در این مثال خاص مکان تمام گره‌ها بر اساس مختصات محلی گره اول نوشته شده‌اند اما در شبکه‌هایی با تعداد گره‌های بالا، نیاز است تا مجموعه‌های دیگر نیز مکان‌هایشان را بر اساس مختصات محلی مجموعه‌ی اول به‌دست بیاورند تا به‌این ترتیب مکان تمام گره‌های شبکه براساس یک مختصات واحد بیان شوند. حال برای درک بیشتر مسئله به شکل (۲) توجه کنید که در آن سه گره مختلف در دو مختصات مختلف ارائه شدند. اگر از گره‌های اول و دوم نسبت به دو مختصات معکوس تانژانت مثلثاتی[۳۴] بگیریم، زوایای a1 و a2 بدست می‌آیند. با تفاضل این دو زاویه نسبت به هم، میزان چرخش مورد نیاز برای این دو مختصات بدست می‌آید. از آنجائیکه معکوس تانژانت مثلثاتی ابهام ۱۸۰ درجه دارد، نمی‌توان تشخیص داد که مختصات مورد نظر نیاز به قرینه کردن محورها دارد یا خیر به همین دلیل گره سومی نیاز است تا با مقایسه‌ی زوایا نسبت به آن، ابهام تقارن ذکر شده

www.SID.ir

برطرف شود. بنابراین برای چرخش دو مختصات نسبت به هم نیاز به سه گره وجود دارد که در هر دو مختصات مکانشان معلوم باشد. مجدداً می‌توان بیان نمود که گره‌های اول، دوم، و چهارم هم در مختصات گره چهارم و هم در مختصات گره اول مکانشان معلوم است. بنابراین می‌توان مختصات گره اول را با چرخش و انتقال به مختصات گره چهارم تبدیل کرد.



شکل (۲): وجود سه گره در دو مختصات مختلف

Figure (2): There are three nodes in two different coordinates

۴- الگوریتم پیشنهادی تخمین مکان گره‌ها

الگوریتم پیشنهادی از دو گام تشکیل‌شده است. در گام اول، همانند روش محلی به سراسری، مکان سراسری گره‌ها به‌وسیله‌ی مکان محلی‌شان و با کمک روش دیجسترا تخمین زده می‌شود. از آنجائی که مکان گره‌های مکان‌یابی که به‌عنوان مرجع چرخش برای گره‌های بعدی هستند دقیق نیست و همچنین روش دیجسترا روش دقیقی نیست، خطای موجود در هر گره به گره‌های بعدی انتقال می‌یابد و به‌این‌ترتیب، خطای مکان‌یابی در گره‌های نهایی که مکان‌یابی بسیار زیاد است. در گام دوم، از مکان‌های تخمین زده‌شده در گام اول به‌عنوان تخمین اولیه استفاده می‌شود و این خطاها حتی‌الامکان توسط روش ارائه‌شده در مرحله‌ی دوم کاهش می‌یابد تا کل شبکه به یک حالت پایدار برسد. در ادامه سیستم مدل الگوریتم پیشنهادی به‌طور مفصل بررسی می‌گردد.

۴-۱- گام اول: مکان‌یابی گره‌ها

این گام از چند مرحله تشکیل‌شده است: ۱- پر کردن ماتریس هم‌جواری به‌وسیله‌ی دیجسترا، ۲- مکان‌یابی تمام گره‌های شبکه و ۳- تبدیل مکان‌های محلی به سراسری. نمایی کلی از این گام را می‌توان در شکل (۳) مشاهده نمود: لازم به ذکر است که گام اول این روش شباهت زیادی به روش موجود در روش MDS دارد با این تفاوت که ابتدا توسط روش دیجسترا مکان‌های خالی ماتریس همجواری (که برخی از درایه‌های آن توسط روش TOA به‌دست‌آمده‌اند و برخی درایه‌ها خالی هستند) کلی پرشده و سپس عیناً الگوریتم MDS استفاده شده است. علت اضافه کردن یک مرحله به ابتدای روش MDS این بوده که اگر فاصله‌ی بین برخی گره‌ها مشخص نباشد، ممکن است تعداد گره‌های مشترک بین دو مجموعه‌ی محلی کمتر از ۳ شود و به‌این‌ترتیب تبدیل مکان محلی به سراسری در برخی گره‌ها صورت نگیرد. جزئیات الگوریتم پیشنهادی به شرح زیر هست:

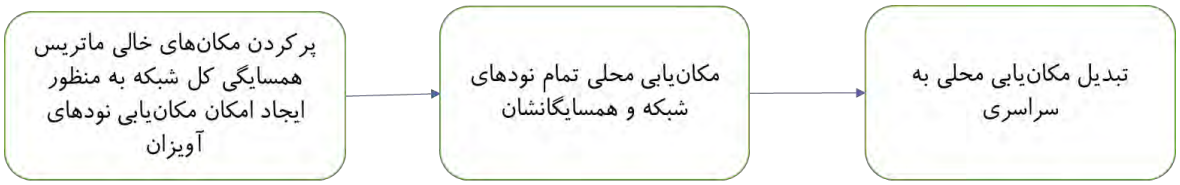
۱- در این مرحله برای اینکه بر روی برخی از گره‌ها (موسوم به گره‌های آویزان) مکان‌یابی شود، اصلاحی در ماتریس هم‌جواری انجام می‌شود. به‌عنوان مثال شکل (۴) را در نظر بگیرید. تمام گره‌های این شبکه می‌توانند مکان محلی خود و همسایگانشان را تخمین بزنند. مکان گره‌های ۲، ۵ و ۱ در مختصات گره ۱ به‌دست می‌آید. از آنجائی که مکان گره ۲ و همسایگانش همگی بر اساس مختصات گره ۱ معلوم هستند، دیگر نیازی به تبدیل مختصات گره ۲ و همسایگانش نیست. در ادامه مکان گره ۵ و همسایگانش (گره‌های ۱، ۲ و ۴) را در مختصات گره ۵ داریم. از آنجائی که این مجموعه ۳ گره مشترک با مجموعه‌ی گره اول و

www.SID.ir

Archive of SID

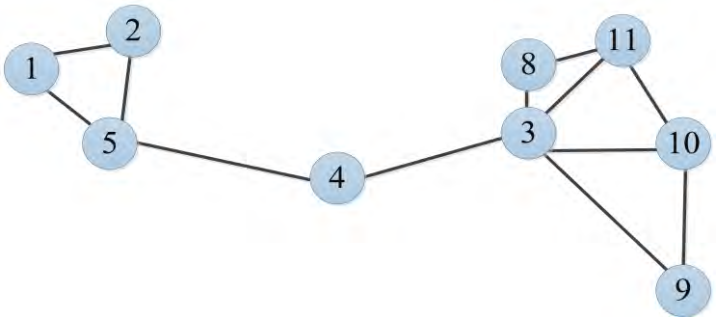
همسایگانش دارد، می‌توان مکان گره ۵ و همسایگانش را بر اساس مختصات گره ۱ نوشت. بنابراین مکان گره ۴ بر اساس مختصات گره اول نوشته می‌شود. حال می‌خواهیم مکان گره ۴ و همسایگانش را (گره ۵ و ۳) بر اساس مختصات گره ۱ بنویسیم. برای این کار نیاز است حداقل سه گره مشترک بین این مجموعه و مجموعه‌ی گره ۵ و همسایگانش وجود داشته باشد. از آنجائی که تنها گره‌های ۴ و ۵ بین این دو مجموعه مشترک هستند (کمتر از سه گره)، نمی‌توان مکان گره ۴ و همسایگانش را بر اساس مختصات گره ۱ نوشت. لازم به ذکر است که در تمامی مراحل بین گره‌ها و همسایگانشان روش دایجسترا اعمال‌شده بود تا مختصات محلی به‌دست آید اما برای تبدیل مختصات محلی به سراسری نیاز است تا روش دایجسترا بر روی ماتریس هم‌جواری کلی شبکه اعمال شود. اما گره‌های به‌غیراز گره ۱ می‌توانند مکان سراسری خود را تخمین بزنند.

۲- پس‌از اینکه تمامی مکان‌های موردنیاز در ماتریس همجواری به‌خوبی پر شد، می‌توان مکان سراسری گره‌ها را توسط روش موجود در روش MDS به دست آورد.



شکل (۳): مراحل مختلف در مرحله‌ی گام اول الگوریتم پیشنهادی

Figure (3): Different steps in the first step of the proposed algorithm



شکل (۴): نمایش شبکه‌ای که در تبدیل مکان محلی به سراسری

Figure (4): Displays a network that converts local to global locations

۲-۴- گام دوم : بهبود دقت مکان سراسری گره‌ها

در این بخش، یک الگوریتم بهینه برای مکان‌یابی شبکه ارائه‌شده است. برای این منظور، مکان‌های به‌دست‌آمده از مرحله‌ی اول را به‌عنوان مکان‌های اولیه‌ی گره‌ها در نظر گرفته سپس به‌وسیله‌ی یک الگوریتم بهینه، دقت مکان گره‌ها بهبود داده می‌شود. جزئیات این الگوریتم را می‌توان در ادامه مشاهده نمود.

پس ازآنکه روش ارائه‌شده در گام اول مکان گره‌های شبکه و همچنین گره مرجع (در نقطه‌ی (0,0)) را مشخص نمود، به‌وسیله‌ی مکان‌های تخمین زده‌شده توسط این الگوریتم (u_1 u_2 u_3 u_4 , ... , u_N)، فاصله‌ی بین تمام گره‌هایی که در همسایگی هم قرار دارند به‌صورت (۱۵) به‌دست آورده می‌شود:

$$d_{ij} = \sqrt{\|u_i - u_j\|^2 + (z_i - z_j)^2} \qquad (۱۵)$$

که در این رابطه z_i ارتفاع معلوم گره iام، u_i مکان دوبعدی تخمین زده‌شده‌ی گره iام و d_{ij} فاصله‌ی تخمین زده‌شده هستند. از طرفی، شبکه‌ی موردنظر توسط اندازه‌گیری TOA فاصله‌ی بین گره‌های همسایه را اندازه‌گیری کرده است. به‌عنوان‌مثال فاصله‌ی اندازه‌گیری شده بین گره‌های i و j توسط اندازه‌گیری TOA به‌صورت (۱۶) هست:

$$\delta_{ij} = (\mathrm{TOA}_{ij})c, \qquad (۱۶)$$

www.SID.ir

Archive of SID

که در این رابطه TOA_{ij} اختلاف‌زمان بین ارسال توسط گره iم و دریافت در گره jم هست. در این الگوریتم، با استفاده از فاصله‌ی اندازه‌گیری شده و تخمین زده‌شده، ضریبی بانام "ضریب خطا" به گره‌های شبکه اختصاص شده که بیانگر دقت مکانی هر گره است. در گره iم، ضریب خطا به‌وسیله‌ی رابطه‌ی (۱۷) به دست می‌آید.

$$C_i = \frac{1}{|\mathcal{N}_i|}\sum_{k\in\mathcal{N}_i} C_{ik} \quad (۱۷)$$

$$C_{ik} = (d_{ik} - \delta_{ik})^2 \quad (۱۸)$$

$\mathcal{N}_i$ مجموعه‌ی گره‌های همسایه‌ی گره i هست. ضریب خطا درواقع میانگین خطای فاصله‌ی یک گره از گره‌های همسایه‌ی آن هست و هرچه این ضریب کمتر باشد، گره موردنظر در مکان دقیق‌تری قرار خواهد داشت. الگوریتم مکان‌یابی پیشنهادی با حل مسئله‌ی بهینه‌سازی (۱۹) به‌دست می‌آید.

$$u_i = \arg\min_{u_i} C_i \quad (۱۹)$$

مسئله‌ی بهینه‌سازی بالا سعی دریافتن مختصات مکانی از گره iام دارد که توسط آن ضریب خطای این گره کمترین مقدار ممکن باشد. حل مسئله‌ی بالا توسط روش نزول شیب تصادفی[۳۵] به‌صورت (۲۰) است:

$$u_i = u_i - \mu\nabla_{u_i}(C_i) \quad (۲۰)$$

که در این رابطه $\nabla_{u_i}(C_i)$ گردیان C_i برحسب u_i و μ اندازه‌ی گام الگوریتم است. بنابراین می‌توان رابطه‌ی (۱۹) را به‌صورت (۲۱) بازنویسی کرد.

$$u_i^n = u_i^{n-1} - \mu\sum_{k\in\mathcal{N}_i}\frac{2(d_{ik}^{n-1} - \delta_{ik})}{d_{ik}^{n-1}|\mathcal{N}_i|}(u_i^{n-1} - u_k^{n-1}) \quad (۲۱)$$

که در این رابطه u_i^{n-1} مکان تخمین زده‌شده‌ی گره iم در تکرار n-1ام است.

۵- شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی و استخراج پارامترهای کارایی

در این بخش دو سناریو برای مقایسه دقت تخمین مکان‌یابی در الگوریتم MDS و الگوریتم پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گرفته است:

۱- مکان گره‌ها ثابت

۲- مکان گره‌ها متغیر (گره‌ها در حال حرکت)

پارامترهای شبیه‌سازی در الگوریتم پیشنهادی در جدول (۱) آورده شده است.

Table (1): Simulation parameters

جدول (۱): پارامترهای شبیه‌سازی

پارامتر	مقدار
تعداد نود	۲۵
فضا	۲۵۰m×۲۵۰m
فاصله بین گره‌ها	حداکثر ۱۰۰ متر
برد رادیویی پیوند	کمتر از ۱۵۰متر
توزیع گره‌ها	گرید متقاطع و تصادفی
مکان گره‌ها	ثابت و متحرک
پارامتر کارایی	خطای مکان

برای مقایسه‌ی الگوریتم پیشنهادی با الگوریتم MDS، از خطای مکان[۳۶] استفاده‌شده و به‌صورت رابطه (۲۲) هست:

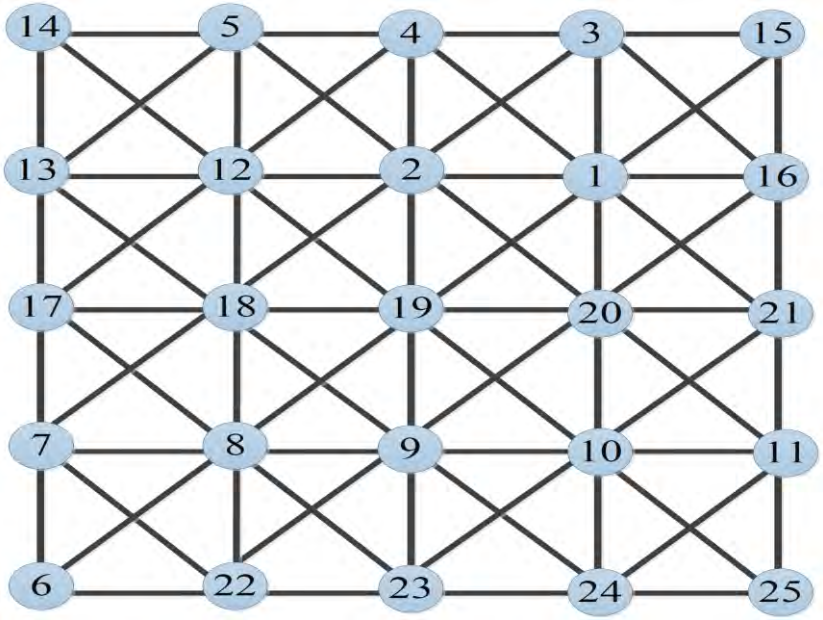
$$\varepsilon_p = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|p_i - \hat{p}_i\right| \quad (۲۲)$$

در این رابطه $\hat{p}_i$ و p_i مکان‌های تخمین زده‌شده و واقعی نود i هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

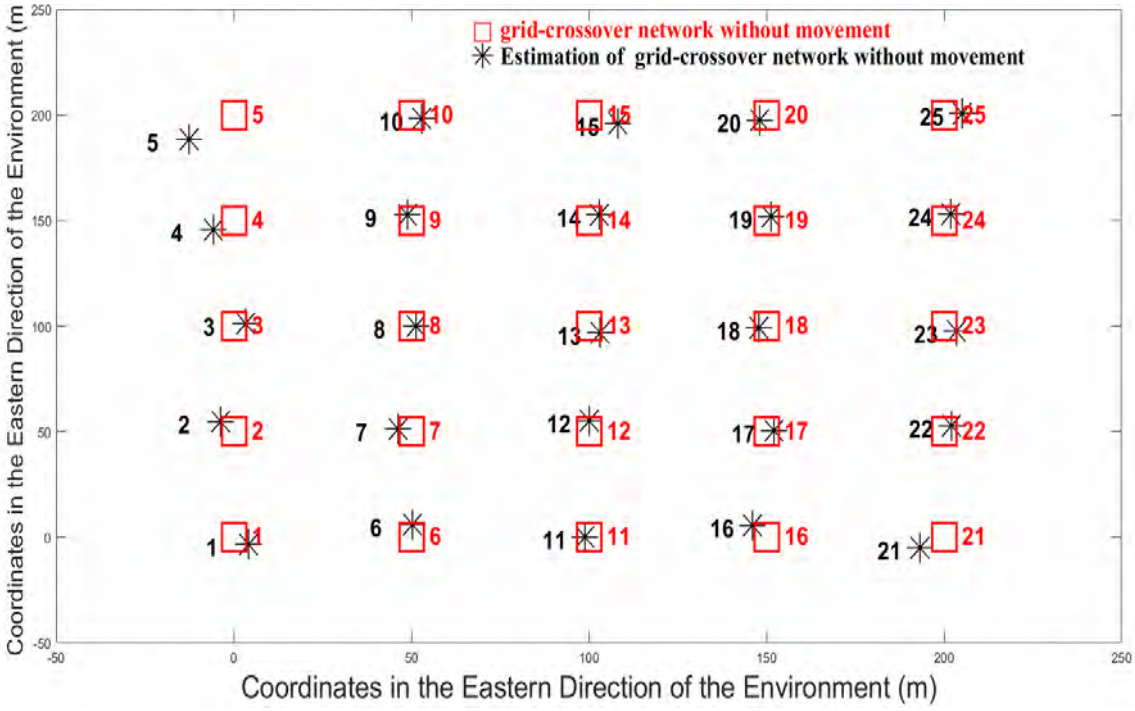
در سناریوی اول یک شبکه‌ی گرید متقاطع به‌صورت شکل (۵) در نظر گرفته‌شده است که در آن ۲۵ گره در فاصله‌ی ۵۰ متری از هم قرار گرفتند. در سناریو اول مکان گره‌ها در طول تخمین ثابت درنظر گرفته شده است و برای گره‌ها حرکتی درنظر گرفته نشده است.



شکل (۵): مکان گره‌های شبکه‌ی گرید بااتصال متقاطع

Figure (9): the location of nodes of the grid network with cross-connection

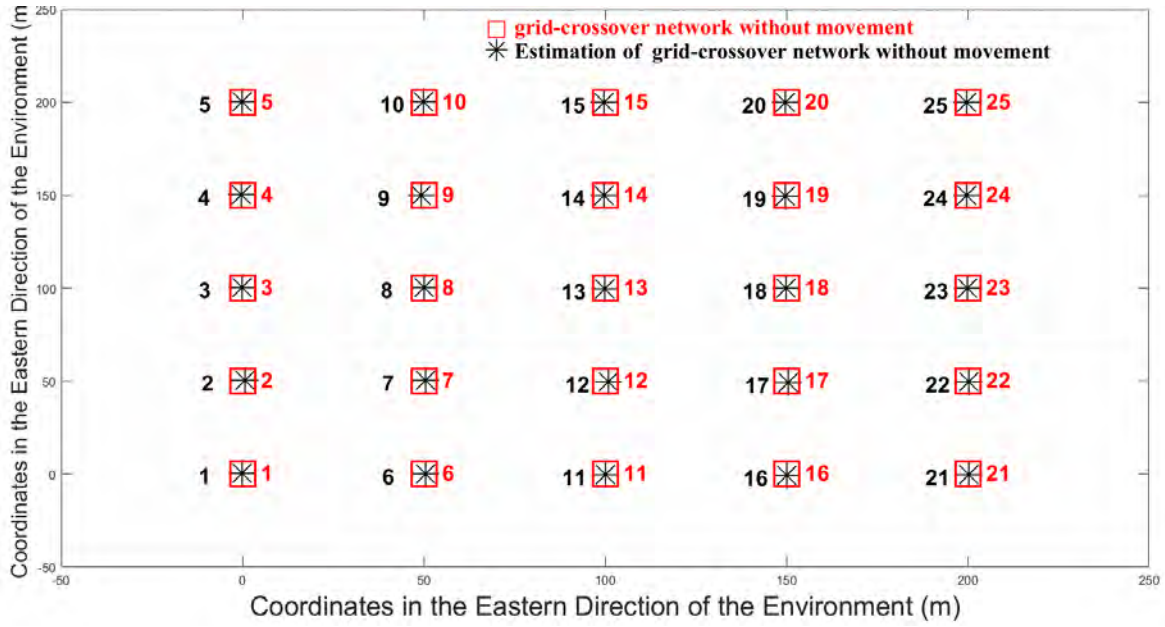
با توجه به نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی ها در شکل‌های (۶) و (۷) مشاهده می‌شود؛ الگوریتم پیشنهادی توانسته ۲۵ گره را با دقت بهتری نسبت به الگوریتم MDS تخمین بزند.



شکل (۶): قرارگیری گره‌ها در شبکه‌ی گرید و مکان تخمین زده‌شده‌ی گره‌ها توسط روش MDS

Figure (6): Placement of nodes in the grid network and estimated location of nodes by MDS method

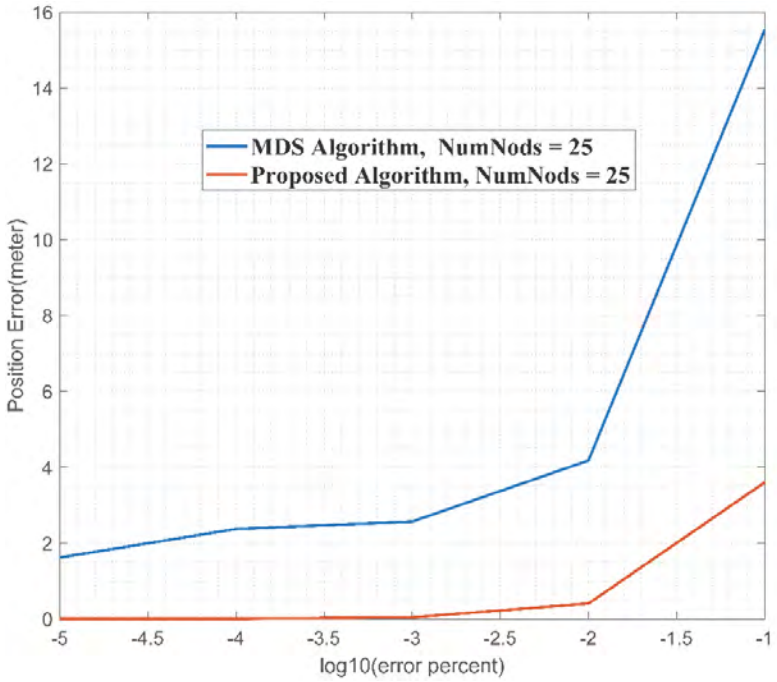
www.SID.ir



شکل (۷): قرارگیری گره‌ها در شبکه‌ی گرید متقاطع و مکان تخمین زده‌شده‌ی گره‌ها توسط روش پیشنهادی

Figure (7): The location of the nodes in the grid network and the estimated location of the nodes by the proposed

برای مقایسه‌ی بیشتر، این دو الگوریتم را به ازای ۱۰ تکرار و برای ۵ خطای مختلف رسم کرده‌ایم. همان‌طور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، الگوریتم پیشنهادی ارائه‌شده خطای فاصله‌ی کمتری دارد و این نشان می‌دهد که مکان‌های تخمین زده‌شده توسط این الگوریتم بیشترین انطباق را با فاصله‌های اندازه‌گیری شده دارد و هرچه فواصل بیشتری بین گره‌ها اندازه‌گیری شود، روش ارائه‌شده مکان دقیق‌تری را تخمین می‌زند.



شکل (۸): منحنی‌های خطای مکان‌یابی شبکه‌ی گرید متقاطع

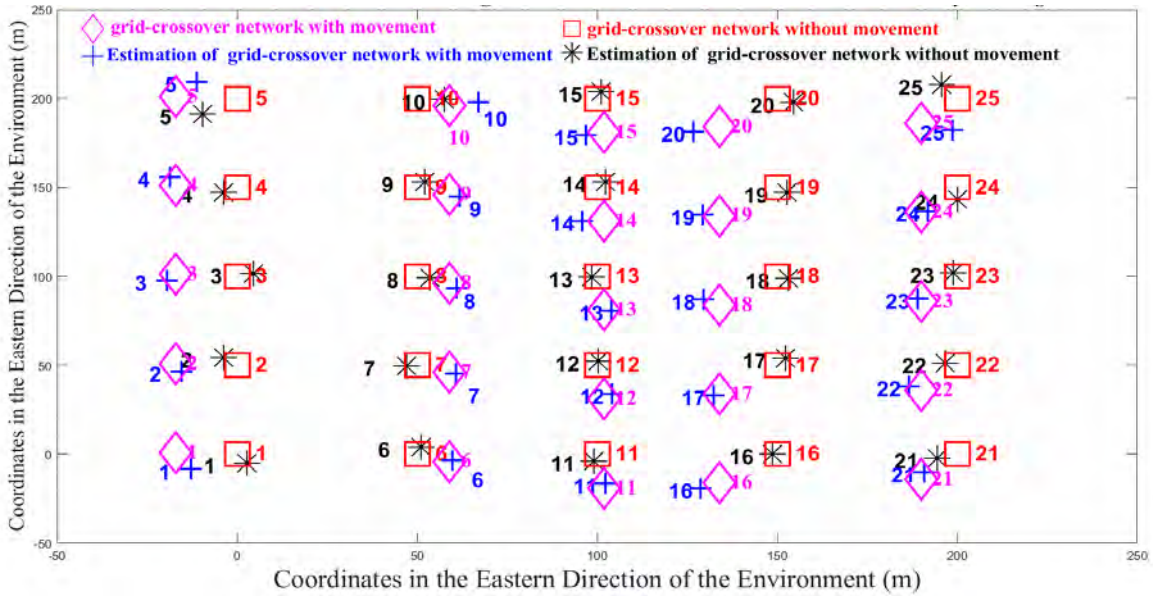
Figure (8): Grid – crossover location positioning error curves

حال در سناریو دوم برای گره ها حرکت در نظر گرفته می‌شود. در ابتدا فرض می‌شود که گره ها ثابت هستند ولی حین پردازش و تخمین مکان، گره‌ها حرکت می‌کنند. با این فرض کارائی در مکان تخمین زده شده در الگوریتم MDS و الگوریتم پیشنهادی

www.SID.ir

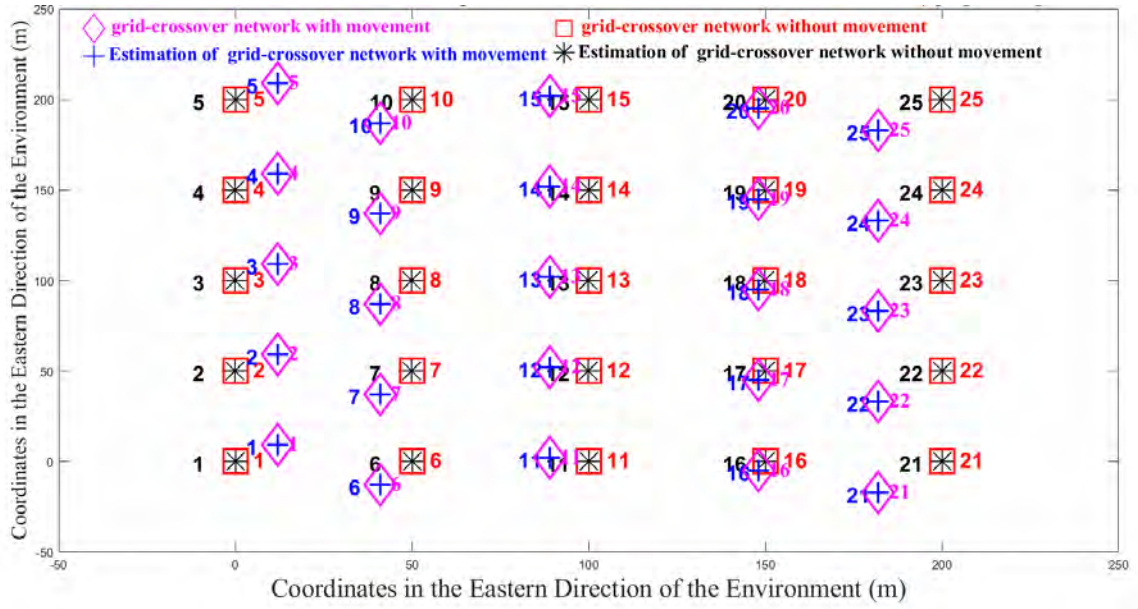
Archive of SID

مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی‌ها در شکل (۹) و شکل (۱۰) مشاهده می‌شود؛ الگوریتم پیشنهادی توانسته ۲۵ گره را با دقت بهتری نسبت به الگوریتم MDS تخمین بزند.



شکل (۹): قرارگیری گره‌های ثابت و متحرک در شبکه‌ی گرید- متقاطع و مکان تخمین زده‌شده‌ی گره‌ها توسط روش MDS

Figure (9): Placement of fixed and movement nodes in the cross-grid network and estimated location of nodes by MDS Algorithm

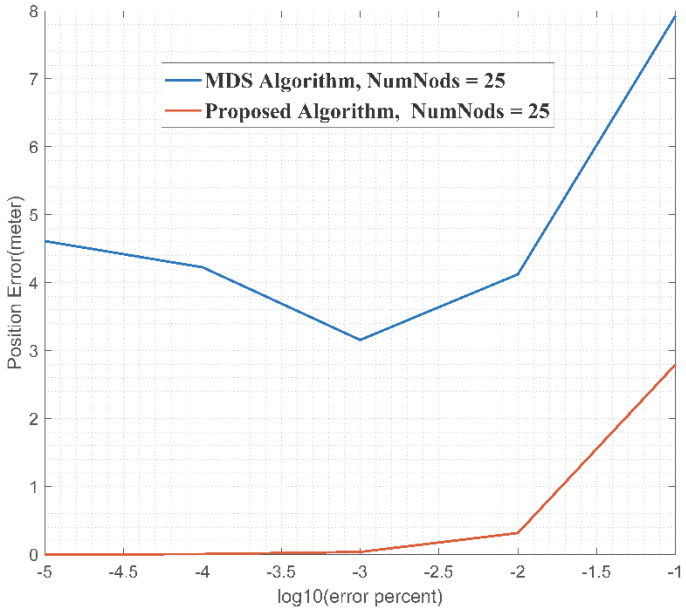


شکل (۱۰): قرارگیری گره‌های ثابت و متحرک در شبکه‌ی گرید و مکان تخمین زده‌شده‌ی گره‌ها توسط روش پیشنهادی

Figure (10): Placement of fixed and movement nodes in the -grid network and estimated location of nodes by proposed Algorithm

برای مقایسه‌ی بیشتر، این دو الگوریتم را به ازای ۱۰ تکرار و برای ۵ خطای مختلف رسم کرده‌ایم. همان‌طور که در شکل (۱۱) مشاهده می‌شود، الگوریتم پیشنهادی ارائه‌شده خطای فاصله‌ی کمتری دارد و این نشان می‌دهد که مکان‌های تخمین زده‌شده توسط این الگوریتم بیشترین انطباق را باfاصله‌های اندازه‌گیری شده دارد و هرچه فواصل بیشتری بین گره‌ها اندازه‌گیری شود، روش ارائه‌شده مکان دقیق‌تری را تخمین می‌زند.

www.SID.ir

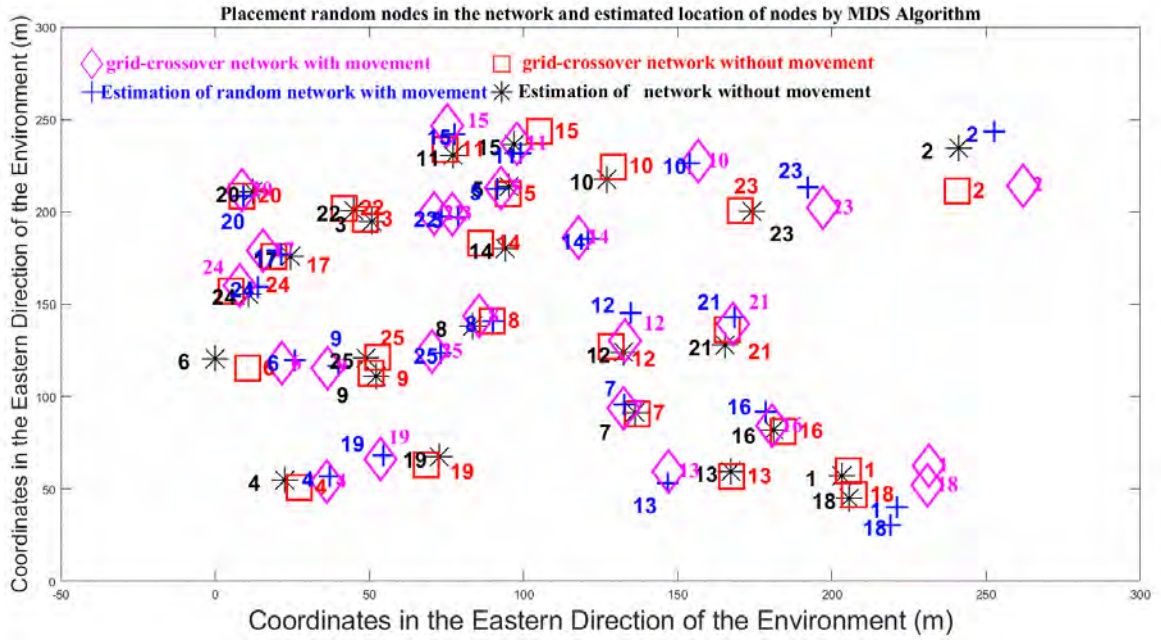


شکل (۱۱): منحنی‌های خطای مکان‌یابی شبکه‌ی گرید- متقاطع

Figure (11): Grid-crossover grid location error curves

در سناریو آخر در ابتدا فرض می‌شود که مکان گره ها ثابت باشند، در واقع مکان اولیه گره‌ها متغیر و تصادفی می‌باشند به‌طوریکه در هر بار اجرای برنامه گره‌ها در یک مکان تصادفی قرار دارند. با این فرض کارائی در مکان تخمین زده شده در الگوریتم MDS و الگوریتم پیشنهادی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از شبیه‌سازی‌ها در شکل‌های (۱۲) و (۱۳) مشاهده می‌شود؛ الگوریتم پیشنهادی توانسته ۲۵ گره را با دقت بهتری نسبت به الگوریتم MDS تخمین بزند.

برای مقایسه‌ی بیشتر، این دو الگوریتم را به ازای ۱۰ تکرار و برای ۵ خطای مختلف رسم شده‌اند. همان‌طور که در شکل (۱۴) مشاهده می‌شود، الگوریتم پیشنهادی ارائه‌شده خطای فاصله‌ی کمتری دارد و این نشان می‌دهد که مکان‌های تخمین زده‌شده توسط این الگوریتم بیشترین انطباق را بافاصله‌های اندازه‌گیری شده دارد و هرچه فواصل بیشتری بین گره‌ها اندازه‌گیری شود، روش ارائه‌شده مکان دقیق‌تری را تخمین می‌زند.

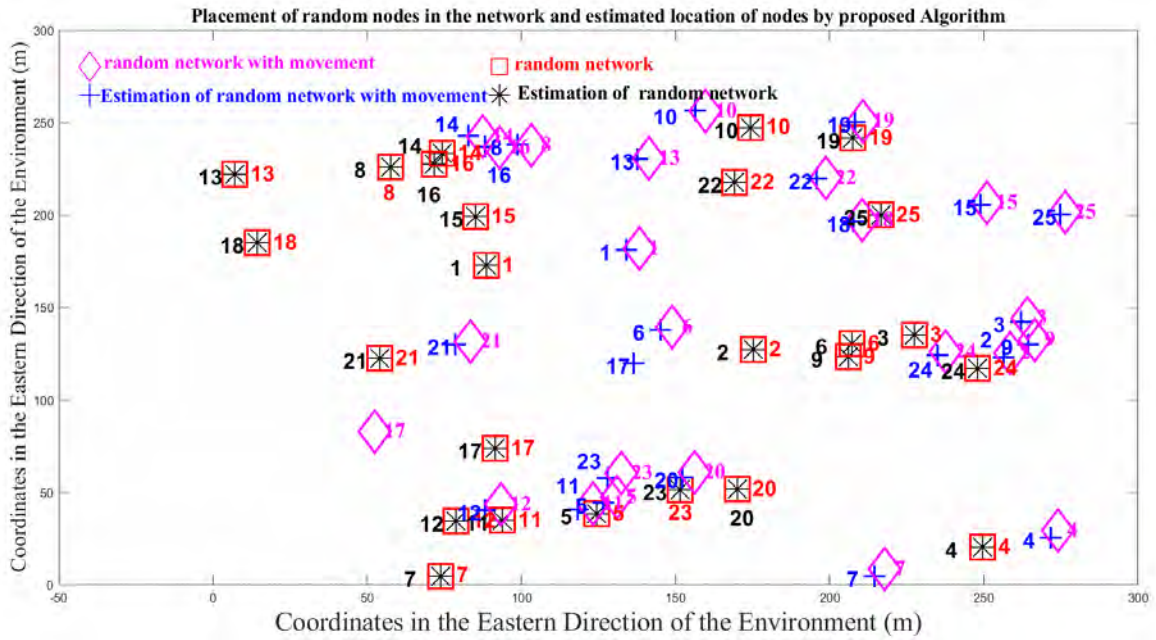


شکل (۱۲): قرارگیری گره‌های تصادفی در و مکان تخمین زده‌شده‌ی گره‌ها توسط روش MDS

Figure (12): Placement random nodes in network and estimated location of nodes by MDS Algorithm

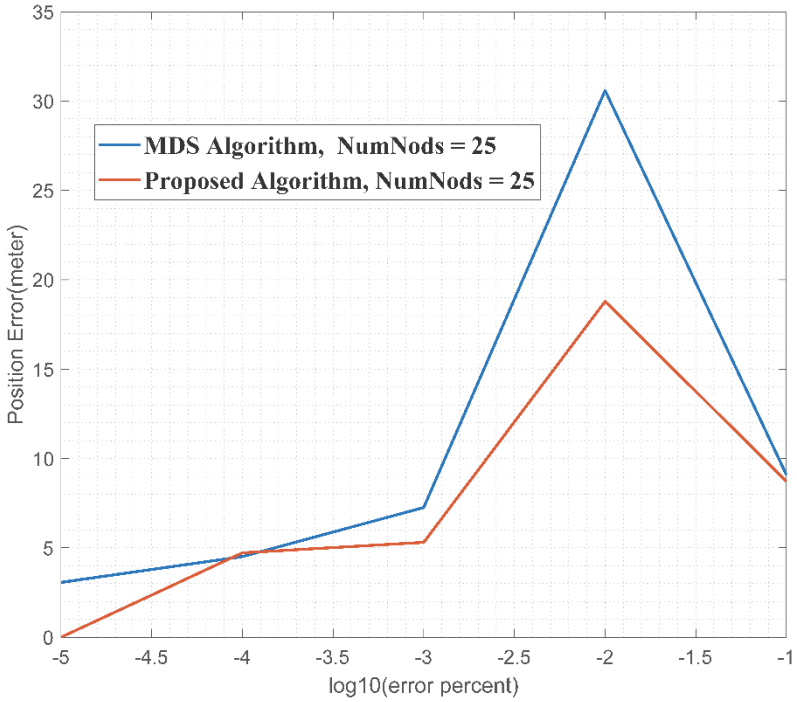
www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱۳): قرارگیری گره‌های تصادفی در شبکه‌ی گرید و مکان تخمین زده‌شده‌ی گره‌ها توسط روش پیشنهادی

Figure (13): Placement random nodes in the network and estimated location of nodes by proposed Algorithm



شکل (۱۴): منحنی‌های خطای مکان‌یابی شبکه‌ی تصادفی

Figure (14): random location error curves

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله الگوریتم بهینه مکان‌یابی گره‌های MANET مبتنی بر معیار TOA و تخمین و جبران‌سازی خطا ارائه گردید. الگوریتم پیشنهادی نسبت به روش MDS می‌تواند دقت مکان‌یابی مناسبی در حضور حرکت گره‌ها داشته باشد. انتخاب صحیح گره مرجع در شبکه‌ی بی‌سیم تأثیر قابل‌توجهی در عملکرد مکان‌یابی شبکه دارد و از گره‌هایی که تعداد همسایه‌های بیشتری دارند را می‌توان به‌عنوان گره مرجع انتخاب کرد. همان‌طور که در شبیه‌سازی‌ها نشان داده شد، دقت تخمین مکان گره‌ها در

www.SID.ir

الگوریتم پیشنهادی وضعیت خیلی بهتری نسبت به روش MDS دارد، به‌طوری‌که درروش پیشنهادی مکان تمام گره‌ها را در سناریوهای مختلف با دقت خوبی تخمین زده است. همچنین پیچیدگی محاسباتی الگوریتم پیشنهادی ارائه‌شده برای بهبود دقت مکان‌یابی کم بوده و تنها از عملگر جمع کننده استفاده می‌کند.

References

مراجع

[1] X. Bai, W. Xiaohui, B. Sen, "Efficient receiver-based flooding in mobile ad hoc networks", Wireless Networks, vol. 26, no. 1, pp. 17-31, Jan. 2020 (doi: 10.1007/s11276-018-1779-z).

[2] R. K. Jaiswal, "Position-based routing protocol using Kalman filter as a prediction module for vehicular Ad Hoc networks", Computers and Electrical Engineering, vol. 83, Article Paper: 106599, May. 2020 (doi: 10.1-016/j.compeleceng.2020.106599).

[3] S. Cao, Q. Honglei, C. Li, H. Yingtao, "Multi-Slots Joint MLE Relative Navigation Algorithm Based on INS/JTIDS/BA for Datalink Network", IEEE Access, vol. 8, pp. 136795-136807, Jul. 2020 (doi: 10.1109/A-CCESS.2020.3011138).

[4] V.R. Andres, A.S. Fabian, C. Sanchez, B. Arpi, L.I. Minchala "Experimental evaluation of RSSI-based positioning system with low-cost LoRa devices", Ad Hoc Networks, Aug. 2020 (doi: 10.1016/j.adhoc.202-0.102168).

[5] S. Salari, I.M. Kim, F. Chan "Distributed cooperative localization for mobile wireless sensor networks", IEEE Wireless Communications Letters, vol. 7, no. 1, pp.18-21, Sept. 2017 (doi: 10.1109/LWC.2017.2750685).

[6] H. Huang, Y.R. Zheng, "Node localization with AoA assistance in multi-hop underwater sensor networks", Ad Hoc Networks, vol. 78, pp.32-41, Sep. 2018 (doi: 10.1016/j.adhoc.2018.05.005).

[7] S. Tomic, M. Beko, R. Dinis, P. Montezuma "Distributed algorithm for target localization in wireless sensor networks using RSS and AoA measurements", Pervasive and Mobile Computing, vol. 37, pp. 63-77, June 2017 (doi: 10.1016/j.pmcj.2016.09.013).

[8] W. Wang, Y. Zhang, L. Tian, "TOA-based NLOS error mitigation algorithm for 3D indoor localization", China Communications, vol. 17, no. 1, pp. 63-72, Jan. 2020 (doi: 10.23919/JCC.2020.01.005).

[9] Y. Hlaing, N. Maung, "Time-difference-of-arrival (TDoA) based wireless indoor localization using an effective hybrid time synchronization", Proceeding of the ICCA, pp. 125-130, 2019.

[10] A.R. Ansari, N. Saeed, M.I. Haq, S. Cho, "Accurate 3D localization method for public safety applications in vehicular Ad-Hoc networks", IEEE Access vol. 6, pp. 20756-20763, April 2018 (doi: 10.1109/ACCESS.2018-.2825371).

[11] Y. Zhang, S. Xing, Y. Zhu, F. Yan, L.Shen, "RSS-based localization in WSNs using gaussian mixture model via semidefinite relaxation", IEEE Communications Letter, vol. 21, no. 6, Feb. 2017 (doi: 10.1109/LCOMM-.2017.2666157).

[12] A. Coluccia, A. Fascista, "On the hybrid TOA/RSS range estimation in wireless sensor networks", IEEE Trans. Communications on Wireless, vol. 17, no. 1, pp. 361-371, Oct. 2017 (doi: 10.1109/TWC.2017.27666-28).

[13] H. Xiao, H. Zhang, Z. Wang, T. Aaron Gulliver, "An RSSI Based DV-Hop algorithm for wireless sensor networks", Proceeding of the IEEE/PACRIM, pp.1-6, Victoria, BC, Canada, Aug. 2017 (doi: 10.1109/PACRI-M.2017.8121929)

[14] S. Wang, X. Jiang, "Three-dimensional cooperative positioning in vehicular Ad-hoc networks", IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems, vol. 22, no. 2, pp. 937-950, Feb. 2021 (doi: 10.1109/TITS.2019.296-1452).

[15] S. Nasir, H. Nam, T. Y. Al-Naffouri, M. Alouini, "A state-of-the-art survey on multidimensional scaling-based localization techniques", IEEE Communications Surveys and Tutorials, vol. 21, no. 4, pp. 3565-3583, June 2019 (doi: 10.1109/COMST.2019.2921972).

[16] M. Hamaoui, "Non-iterative MDS method for collaborative network localization with sparse range and pointing measurements", IEEE Trans. on Signal Processing, vol. 67, no. 3, pp.568-578, Nov. 2018 (doi: 10.11-09/TSP.2018.2879623).

www.SID.ir

Archive of SID

زیرنویس‌ها:

[۱] Ad-hoc network
[۲] Global positioning system
[۳] Multi-dimensional scaling
[۴] Dijkstra
[۵] Flooding algorithm
[۶] Round-trip time
[۷] Localization
[۸] Received signal strength indicator
[۹] Angle of arrival
[۱۰] Time of arrival
[۱۱] Multipath
[۱۲] Fading
[۱۳] Mobile ad hoc networks
[۱۴] Second order cone programming
[۱۵] Anchor
[۱۶] Local coordinate system
[۱۷] Cooperative
[۱۸] Linear least squares
[۱۹] Indoor
[۲۰] Vehicular ad hoc networks
[۲۱] Anchor vehicles
[۲۲] Cramer-Rao lower bound
[۲۳] additive white Gaussian noise
[۲۴] Gaussian mixture model
[۲۵] Maximum likelihood
[۲۶] Gaussian mixture-semidefinite programming
[۲۷] Range-based
[۲۸] Wireless sensor networks
[۲۹] Distance vector hop
[۳۰] Network topology
[۳۱] Adjacency matrix
[۳۲] Centering matrix
[۳۳] Singular value decomposition
[۳۴] Arctangent
[۳۵] Stochastic gradient descend
[۳۶] Position error

www.SID.ir