



الگوریتم مکان یابی بدون نیاز به لنگرگاه مبتنی بر کیفیت در شبکه های حسگر

بیسیم

محمد رضایی
ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی
Mrk3796@yahoo.com

محمد حسین یغمایی مقدم
ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی
hyaghmae@ferdowsi.um.ac.ir

صادق زینلی
ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی
szainalie@yahoo.com

محاسباتی پایین و به خصوص با انرژی محدود می باشند. در سالهای اخیر تکنیکهای زیادی جهت مکان یابی در شبکه های حسگر بیسیم پیشنهاد شده است، این تکنیکها را می توان در دو دسته کلی تقسیم بندی کرد: 1- تکنیکهای مبتنی لنگرگاه و 2- تکنیکهای بدون نیاز به لنگرگاه. گر لنگرگاه یک گر حسگر است که از موقعیت خود در سیستم مختصات جهانی توسط GPS یا با تنظیمات دستی قبل از شروع فرآیند مکانی یابی آگاهی دارد. در تکنیکهای مبتنی بر گر های لنگرگاه، فرض می شود که یک تعداد ابتدایی گر لنگرگاه در شبکه حسگر وجود دارد. هدف این تکنیکها استفاده از تواناییهای این گر هاست تا در نهایت تمام گر های شبکه مکان قطعی خود در سیستم مختصات جهانی را تخمین بزنند.

اما در تکنیکهای بدون نیاز به لنگرگاه هیچ نیازی به گر لنگرگاه نیست و در پایان فرآیند مکان یابی گر حسگر مکان نسبی خود در گراف شبکه را تخمین می زند. اگرچه تکنیکهای مبتنی بر لنگرگاه می توانند مکان قطعی گر ها در سیستم مختصات جهانی را محاسبه کنند ولی برای داشتن گر های لنگرگاه احتیاج به داشتن و سایل اضافی، تعیین موقعیت و یا تنظیمات دستی است که در بسیاری از شبکه های حسگر به دلیل محدودیتهای موجود در گر ها و همچنین نامناسب بودن محیط شبکه نمی توان از آنها استفاده کرد. راه حلهای بی نیاز به لنگرگاه کم هزینه تر از راه حلهای مبتنی بر لنگرگاه می باشند.

ادامه این مقاله به این صورت سازمان یافته است که: در بخش دوم مروری بر کارهای گذشته در حوزه مکان یابی شبکه های حسگر بیسیم آورده شده است. بخش های بعدی بیانگر چگونگی انتخاب مبدأ مختصات نسبی است. همچنین این بخش حاوی توضیحات مربوط به الگوریتم کامل مکان یابی نیز می باشد. نتایج شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی و مقایسه آن با روشهای قبلی در بخش چهارم آورده شده است و در نهایت نیز نتیجه گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده آورده شده است.

۲- کارهای مرتبط

در این بخش به بعضی از تکنیکهای مکان یابی در شبکه های حسگر بیسیم در هر دو گروه مبتنی بر لنگرگاه و بدون نیاز به لنگرگاه اشاره می کنیم. از الگوریتم های مبتنی بر لنگرگاه می توان به [3] اشاره کرد. در ابتدا گر های لنگرگاه اطلاعات مکانی خود را در شبکه توزیع می کنند و با این کار متوسط فاصله دو گروه یا متوسط طول یک گام

چکیده: اطلاعات در مورد مکان گر ها، یکی از ملزومات حیاتی در بسیاری از کاربردهای شبکه های حسگر بیسیم است. اصطلاح مکان یابی به فرآیندی اطلاق می شود که در طی آن هر گر شبکه مکان خود را مشخص می کند. مقالات بسیاری در مورد مکان یابی برپایه لنگرگاه ارائه شده اند. لنگرگاه گر ای است که از مختصات خود قبل از فرآیند مکان یابی اطلاع دارد. سایر گر ها با استفاده از این اطلاعات مکان خود را تشخیص می دهند. استفاده از لنگرگاه در شبکه به دلیل استفاده لنگرگاه ها از تجهیزات جانبی مانند سیستم موقعیت یابی جهانی (GPS) و مصرف انرژی بالای آنها با محدودیتهایی روبروست. جهت حذف این محدودیتهما ما در این مقاله یک الگوریتم بدون نیاز به لنگرگاه ارائه کرده ایم که بسیار آسان و بدون صرف انرژی زیاد و با تعریف پارامتر کیفیت مکان محاسبه شده، فرآیند مکان یابی را با دقت خوبی انجام می دهد. در این الگوریتم ابتدا از بین گر های شبکه یک گر بعنوان مبدأ مختصات نسبی شبکه در نظر گرفته شده و سپس با تعریف یک پارامتر کیفیت سایر گر ها با توجه به این مبدا مختصات خود را محاسبه می کنند. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که این الگوریتم با سرعت و دقت قابل قبول و با مصرف پایین انرژی قادر به مکان یابی گر ها در یک شبکه حسگر بیسیم است.

۱- مقدمه

با افزایش رشد و همگرایی تکنولوژی های بیسیم و وسایل محاسباتی کوچک، شبکه های حسگر بیسیم به عنوان یک تکنولوژی برتر در بسیاری از کاربردهای موجود مطرح است. بعنوان مثالی از این کاربردها می توان به کاربردهای تعقیب هدف، نظارت رفتارهای حیات وحش و مدیریت بحران نام برد [1]. اصطلاح مکان یابی به فرآیند تعیین مکان تمام گرهای شبکه اطلاق می شود. بسیاری از پروتکل های مربوط شبکه های حسگر بی سیم برپایه اطلاعات مکان یابی می باشند بعنوان مثال بسیاری از پروتکل های مسیریابی مانند [2] بر اساس قابل دسترس بودن اطلاعاتی از محل گر های شبکه عمل می کنند. بنابراین جهت رسیدن به تمام قابلیت های شبکه های حسگر بیسیم داشتن اطلاعاتی از محل گر ها در شبکه اهمیت بسیاری دارد و این امر اهمیت تکنیکهای مکان یابی را هر روزه افزایش می دهد. از سوی دیگر مکان یابی در شبکه های حسگر بیسیم به دلیل خصوصیات خاص این شبکه ها کاری دشوار و خاص است. در شبکه های حسگر بیسیم بزرگ گر ها معمولاً وسایلی با محدودیت زیاد، با حافظه کم، قدرت

عین حال از انرژی کافی نیز برخوردار است، بعنوان مبدا مختصات در نظر گرفته می شود. این انتخابات تنها در بین گره هایی که مستقیماً در همسایگی سینک قرار دارند برگزار می شود. گره هایی که در همسایگی سینک قرار دارند، بعد از مرحله شناسایی همسایه ها اقدام به محاسبه وزنی جهت انتخاب بعنوان مبدا با استفاده از فرمول زیر می نمایند:

$$w_i = m \times E_i + n \times D_{i,s} \quad (1)$$

که در رابطه بالا w_i وزن محاسبه شده توسط گره i ، $D_{i,s}$ فاصله گره i از سینک، E_i پارامتر انرژی گره i و m و n دو ثابت کوچکتر از یک هستند بصورتیکه $m+n=1$ می باشد. این ثوابت جهت مشخص کردن سهم هر یک از پارامترهای فاصله و انرژی در وزن نهایی کاربرد دارند.

از آنجایی که هیچ فرضی در مورد همگنی گره های شبکه انجام نشده است، پارامتر انرژی هر گره بصورت زیر محاسبه می شود.

$$E_i = \frac{E_r}{E_{max}} \quad (2)$$

در رابطه بالا E_r انرژی گره در حال حاضر و E_{max} حداکثر انرژی گره می باشد. بعد از محاسبه وزن، گره وزن خود را با پیام Weight بین همسایگان پخش می کند. گره دلخواه i پس از دریافت پیامهای Weight از همسایگان وزن خود را با وزن دریافتی از آنها مقایسه می کند، در صورتیکه وزن گره i از تمام همسایگانش بیشتر باشد، گره i خود را بعنوان مبدا مختصات در نظر گرفته و وزن خود را همراه پیام Center پخش می کند. سایر گره ها نیز با دریافت پیام Center شناسه فرستنده این پیام و همچنین وزن آنرا ذخیره می کنند. اگر گره ای دو پیام Center با شناسه های مختلف دریافت کند، پیام Update را با شناسه و وزن گره ای که وزن آن بیشتر است در شبکه پخش می کند.

بخشها گره i که خود را بعنوان مبدا معرفی کرده است در صورتیکه پیام Update با وزنی بیشتر از خود را دریافت کند، صبر کرده و مانند یک گره معمولی با بوجود آمدن شرایط در ادامه الگوریتم اقدام به مکان یابی خود می نماید. اما اگر گره i بعد از اعلام مرکزیت خود هیچ پیام Update دریافت نکرد و یا وزن پیامهای Update دریافتی از وزن خودش کمتر باشد آنگاه به شرحی که در ادامه مقاله اشاره می شود، فرآیند مکان یابی را آغاز می نماید.

2-3 مکان یابی

گره ای که در مرحله قبلی بعنوان مبدا انتخاب شده است، شروع بساختن گراف شبکه با مختصات نسبی می نماید. طریقه ساختن یک سیستم مختصات نسبی بصورت کامل در [5] ذکر شده است. این روش بر اساس فاصله بین گره ها و اندازه گیری زاویه بین آنها یک سیستم مختصات نسبی می سازد.

این روش ساده ایی برای مکان یابی گره هاست ولی دارای نواقصی است که مهمترین آنها مساله واقع شدن سه گره در یک خط یا

مشخص می شود. گره های غیر لنگرگاه کوتاه ترین مسیر بر اساس تعداد گام تا هر یک از لنگرگاهها را می دانند و با دریافت این متوسط طول گام فاصله خود تا لنگرگاهها را تشخیص داده و با استفاده از این تخمین فاصله مکان خود را محاسبه می کنند. در [4] ابتدا گره های شبکه ابتدا کلاستر بندی می شوند. هر لنگرگاه یک سر کلاستراست و اعضای کلاستر با استفاده از اطلاعات این سر کلاستر شروع به مکان یابی می نمایند. این فرآیند ابتدا توسط گره هایی که در ناحیه مشترک دو کلاستر قرار دارند آغاز می شود. هرچند با کلاستربندی گره ها قیاس پذیری الگوریتم مبتنی بر لنگرگاه افزایش می یابد اما همچنان دقت و کارایی الگوریتم وابسته به تعداد گره های لنگرگاه است. استفاده از لنگرگاه در هر شرایط باعث محدودیت استفاده از آن در شبکه های حسگر بی سیم می شود.

در مورد الگوریتمهای بدون نیاز لنگرگاه اولین مورد الگوریتم [5] می باشد. این الگوریتم یک روش جدید برای درست کردن یک گراف محلی برای شبکه ابداع نموده است که برای محاسبه مختصات نسبی گره ها کاربرد دارد. در ابتدا هر گره یک گراف با محوریت خود می سازد. سپس گراف عمومی شبکه ساخته می شود و هر گره با استفاده از الگوریتمی تبدیل مختصات می دهد. به دلیل محدودیتهای موجود در روش مثلثاتی که در این الگوریتم به کار رفته مختصات محاسبه شده در آن قابل اطمینان نیست و در موارد زیادی دچار مشکل می شود. سایر الگوریتم ها بدون نیاز به لنگرگاه مثل [6][7][8] سعی می کنند از روشهای دیگری بجای روشهای مثلثاتی جهت مکان یابی استفاده کنند. بعنوان نمونه از این روشها می توان به روش های مبتنی بر رسم گراف و یا روش های مبتنی بر الگوریتم جرم و فنر اشاره رفته در این نوع الگوریتمها زمان گیر بوده و همچنین با مصرف زیاد انرژی همراه است.

۳ - الگوریتم پیشنهادی

در این بخش یک الگوریتم ساده و دقیق مکان یابی بدون نیاز به لنگرگاه با یک انتخابات اولیه ارائه می شود. هدف این الگوریتم فراهم کردن یک الگوریتم سریع و دقیق و در عین حال با مصرف انرژی پایین برای مکان یابی در شبکه های حسگر بیسیم می باشد. در این الگوریتم فرض بر این است که گره های شبکه ثابت بوده و دارای محدوده ارتباطی مشابه می باشند. البته این فرضیات در شبکه های حسگر بیسیم فرضیات قابل قبولی است. الگوریتم دارای دو بخش کلی است، اولین مرحله بر گزای یک انتخابات برای تعیین مبدا مختصات نسبی شبکه است. در مرحله بعد با استفاده از این مبدا و یک الگوریتم افزایشی با بکار گیری یک پارامتر دقت اندازه گیری مختصات خود را محاسبه می کنند. در ادامه این مراحل را تشریح می کنیم.

1-3 انتخاب مبدا

اولین مرحله در اجرای الگوریتم مکان یابی برگزاری یک انتخابات است که در طی آن گره ایی که نزدیکترین فاصله تا گره سینک را دارد و در

را که بیشترین همسایه مشترک با گره مبدا را داشته باشد بعنوان اولین گره راهنما (که جهت و راستای محور x را مشخص می کند) انتخاب می کنیم. اکنون برای انتخاب گره دوم، برای تمام گره های که همسایه مشترک گره مبدا و اولین گره راهنما هستند، کوچکترین زاویه در مثلثی که این گره با گره مبدا و اولین گره راهنما ایجاد می کند را محاسبه می کنیم. از بین این گره ها گره ای که بیشترین زاویه را تشکیل دهد بعنوان دومین گره راهنما (که جهت محور y را مشخص می کند) انتخاب می کنیم. اکنون مقدار CLA را برای این سه گره ابتدایی برابر یک قرار می دهیم. این سه گره اولین اعضای مجموعه گره های آگاه هستند. هنگامی که گره ای از مجموعه گره های ناآگاه بخواهد با استفاده از سه گره از گره های آگاه و روش مثلثی موقعیت خود را بیابد، باید احتمال اینکه بر اثر قرار گرفتن تقریبی بر روی یک خط مکان اشتباهی را محاسبه کند را اندازه گیری کنیم. اگر این گره ناآگاه تنها از دو گره آگاه جهت مکان یابی استفاده کند، آنگاه دو مکان کاندید خواهد داشت. برای چنین حالتی ما نرخ تفاوت فاصله بین این دو نقطه کاندید را تا گره راهنمای سوم بصورت یک عدد بزرگتر یا مساوی یک محاسبه می کنیم. در صورتیکه این نسبت کوچکتر از یک شد، آنرا معکوس می نماییم. بعنوان مثال در شکل (1) این نرخ بصورت $|d_{ij}|/|d_{ij}|$ محاسبه می شود. هرچه این نسبت کوچکتر باشد، احتمال اینکه مکان محاسبه شده اشتباه باشد بیشتر است چون نمی توان بین مکان اشتباه و درست فرقی قائل شد. ما این نسبت را برای هر جفت از سه گره آگاه بدست می آوریم و نسبتی که حداکثر مقدار را داشته باشد، بعنوان مکان گره ناآگاه محاسبه می کنیم. در فرآیند بالا اگر سه گره آگاه را به ترتیب m, n, i و حداکثر مقدار نسبت را q بنامیم آنگاه CLA برای گره ناآگاه p که اکنون می خواهد وارد مجموعه آگاه شود بصورت زیر بدست می آید.

$$CLA(p) = \left(1 - \frac{1}{q}\right) \times \frac{1}{3} \{CLA(m) + CLA(n) + CLA(i)\} \quad (3)$$

برای هر گره ناآگاه از میان همسایگانش سه گره که بیشترین مقدار CLA را برای گره بوجود آورند، بعنوان راهنما برای آن گره انتخاب می شوند. با انتخاب این گره های راهنما و با استفاده از روش مثلثاتی، گره ناآگاه p مکان خود را بدست آورده و وارد مجموعه آگاه می شود، این روند ادامه پیدا می کند تا تمام گره ها مختصات خود را بدست آورند.

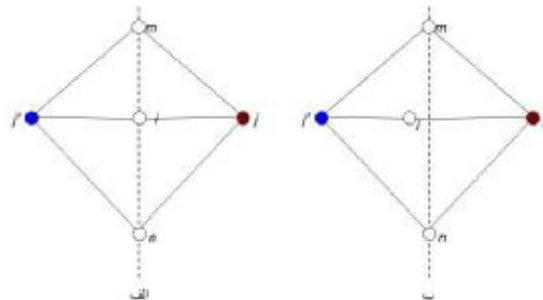
۴ - شبیه سازی

جهت شبیه سازی الگوریتم از نرم افزار [9] NS2 استفاده شده است. در شبیه سازی محیط شبکه یک محیط مربع 100×100 فرض شده است و تعداد گره های شبکه در آزمایشات مختلف بین 20 تا 100 گره متغیر می باشد. جهت مقایسه الگوریتم خود را با دو نمونه از الگوریتم های مطرح در زمینه الگوریتم های بدون نیاز به لنگرگاه یعنی الگوریتم های [5] که در شبیه سازی به عنوان الگوریتم اول و [7] که در شبیه سازی به عنوان الگوریتم دوم مراجعه می کنیم، مقایسه نموده ایم.

Collinear می باشد. این پدیده زمانی رخ می دهد که سه گره اولیه و یا گره ای که می خواهیم مختصات آنرا پیدا کنیم با سه گره راهنما در یک خط قرار گیرند. اگر فرض کنیم تمام قواصل بین گره ها بدقت و درست اندازه گیری شده باشد، پدیده در یک خط قرار گرفتن تنها منبع خطا در مکان یابی می باشد. این پدیده ممکن است در حالت های مختلف سبب بروز خطا در مکان یابی شود. در شکل (1) بعضی از این حالات نمایش شده است. در شکل (1) قسمت الف موقعیت اشتباه گره z در صورتیکه سه گره ابتدایی در یک خط باشند مشخص شده است. بنابراین لازم است که در الگوریتم مکان یابی در هنگام انتخاب سه گره ابتدایی در یک خط نبودن آنها بررسی شود. اگر سه گره ابتدایی تقریباً در یک خط نیز باشند، باز هم باعث بروز خطا در مکان یابی می شوند (شکل 1 قسمت ب). در این حالت فاصله بین مختصات درست با مبدا و فاصله بین مختصات اشتباه و مبدا بسیار به هم نزدیک است و مختصات درست در این حالت بسیار مشکل است.

برای بالا بردن کیفیت نتایج الگوریتم و جلوگیری از انتشار خطا، ما یک پارامتر کمکی به نام دقت مکان محاسبه شده (CLA: Computed Location Accuracy) را تعریف می کنیم. این پارامتر نشان دهنده دقت مکان یابی است و می تواند مقداری بین صفر و یک را داشته باشد. مقدار بالاتر CLA نشان دهنده این است که احتمال اینکه مکان محاسبه شده، همان مختصات درست گره باشد بیشتر است. بعبارت دیگر دقت مکان محاسبه شده بیشتر است. هر گره ای که مکانش محاسبه می شود دارای یک مقدار CLA خواهد بود.

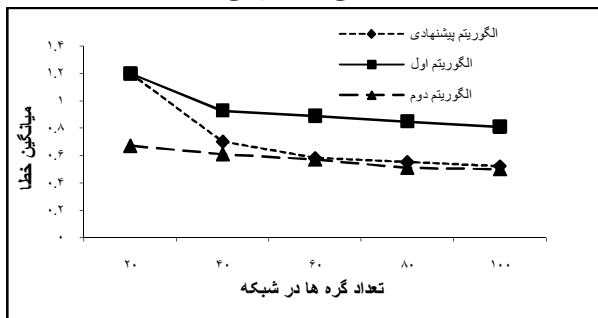
بصورت کلی گره هایی که از موقعیت خود با خبرند را در مجموعه گره های آگاه و سایر گره ها را در مجموعه گره های ناآگاه قرار می دهیم.



شکل (1): خطا در مکان یابی

هنگامی که سه خط تقریباً در یک خط باشند، زاویه کوچکی که در مثلثی که این سه گره تشکیل می دهند تشکیل می شود بسیار کوچک خواهد بود. هنگامی که می خواهیم در ابتدا دو گره راهنما را برای مشخص کردن محورهای مختصات در نظر بگیریم، باید دقت کنیم که این دو گره و گره مبدا تقریباً بر روی یک خط قرار نگیرند. جهت انجام اینکار به این صورت عمل می کنیم که از همسایگان گره مبدا گره ای

الگوریتم گره مبدا ابتدا دو گره از همسایگان خود را جهت ساخت محورهای مختصات تعیین کرده و این سه گره اولین مجموعه گره های آگاه را ایجاد می کنند. پارامتر کیفیت که عددی بین صفر و یک است، برای این سه گره برابر یک قرار داده می شود. در صورت وجود بیش از سه گره آگاه در همسایگی یک گره، همسایگانی با پارامتر کیفیت بالاتر جهت محاسبات انتخاب می شوند. پارامتر کیفیت هر گره با توجه به پارامتر کیفیت این سه همسایه و دقت مکان محاسبه شده به دست می آید. نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد که این الگوریتم با مصرف کمتر انرژی و زمان دقت مطلوبی را فراهم می کند.



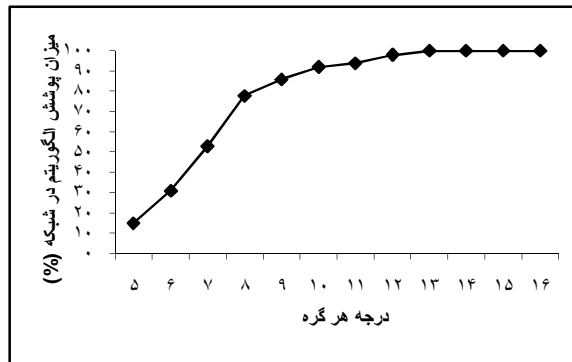
شکل (5): میانگین خطا

مراجع

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, 2002.
- [2] N. B. Priyantha, A. Chakraborty, and H. Balakrishnan, "The Cricket location-support system," in *Proceedings of MOBICOM 2000*.
- [3] C. Savarese, J. Rabaey, and K. Langendoen. "Robust positioning algorithms for distributed ad-hoc wireless sensor networks". *USENIX Technical Annual Conference*, June 2002.
- [4] A. A Abdel Azim Youssef, "A SCALABLE ANCHOR-FREE LOCALIZATION ALGORITHM FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS", PHD Thesis, University of Maryland, 2006.
- [5] S. Capkun, M. Hamdi, and J.-P. Hubaux, "GPS-free positioning in mobile ad-hoc networks", 34th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2001.
- [6] A. Youssef, A. Agrawala, and M. Younis. Accurate Anchor-Free Localization in Wireless Sensor Networks. *The 1st IEEE Workshop on Information Assurance in Wireless Sensor Networks (WSNIA 2005)*, Phoenix, Arizona, April 2005.
- [7] D. Moore, J. Leonard, D. Rus and S. Teller, "Robust Distributed Network Localization with Noisy Range Measurements", *SenSys'04*, November 3-5, 2004, Baltimore, Maryland, USA.
- [8] R. Stoleru, J. A. Stankovic, and D. Luebke, "A high-accuracy, low-cost localization system for wireless sensor networks," in *ACM Sensys*, San Diego, CA, November 2005.

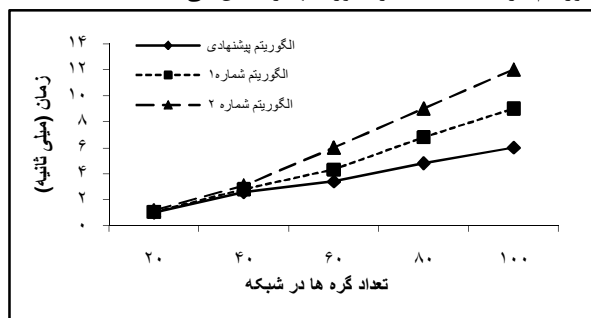
[9] Network Simulator 2, <http://www.isi.edu/nsnam>

نتیجه شبیه سازی در شکل های 2 تا 5 آورده شده است. در آزمایش اول درصد پوشش الگوریتم در شبکه و با درصدی از گره ها که با استفاده از الگوریتم قادر به محاسبه مکان خود می باشند، نسبت به درجه هر گره که همان تعداد همسایگان گره می باشند، نشان داده شده است.

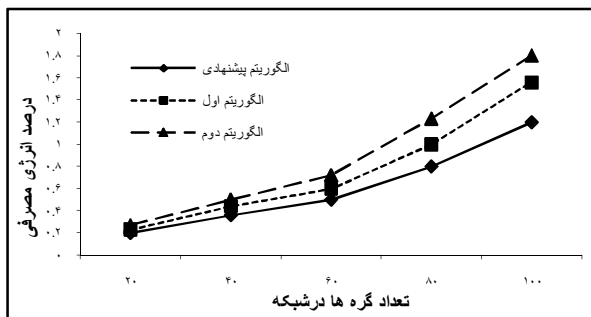


شکل (2): پوشش الگوریتم پیشنهادی

آزمایش های بعدی به ترتیب زمان اجرای الگوریتم، انرژی مصرفی و دقت الگوریتم در مقایسه با سایر الگوریتم ها را نشان می دهد.



شکل (3): زمان اجرای الگوریتم



شکل (4): درصد مصرف انرژی

۵ - نتیجه گیری

در این مقاله یک الگوریتم غیر وابسته به لنگرگاه مبتنی بر کیفیت ارائه داده ایم. در این الگوریتم در ابتدا با انجام یک الگوریتم انتخاب یک گره را بعنوان مبدا انتخاب می کنیم. این الگوریتم انتخاب، بر اساس وزنی گره ای را از همسایگان گره سینک بعنوان مبدا انتخاب می کند. بعد از انتخاب مبدا مرحله بعدی اجرای الگوریتم مکان یابی است. در این