Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره هشتم، شماره ۲، آذر ماه ۱۳۹۷

ارائه یک روش ترکیبی به منظور پوشش حفره‌های ایجاد شده در شبکه حسگر بی‌سیم

مرجان قنبری[۱]، فرید کریمی‌پور*[۲]، علی اسماعیلی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده عمران - دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان
marjan.ghanbari.1126@gmail.com

[۲] استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
fkarimipr@ut.ac.ir

[۳] استادیار گروه مهندسی سنجش‌ازدور - دانشکده عمران - دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان
aliesmaeily@kgut.ac.ir

(تاریخ دریافت اردیبهشت ۱۳۹۷، تاریخ تصویب تیر ۱۳۹۷)

چکیده

شبکه حسگر بی‌سیم، از تعداد زیادی گره‌های حسگر که به صورت یکنواخت و یا غیریکنواخت درون ناحیه مورد نظر مستقر شده‌اند، تشکیل شده و قابلیت موثری در نظارت پدیده‌های محیطی همچون آتش‌سوزی جنگل‌ها، پایش نشت مواد آلاینده و همچنین در امور مدیریتی و صنعتی دارد. در یک شبکه حسگر بی‌سیم، گره‌های حسگر به منظور تشخیص پدیده‌ها سراسر منطقه مورد نظر پراکنده می‌شوند. بنابراین پوشش سراسری منطقه به وسیله گره‌های حسگر، در کسب اطلاعات بسیار موثر است. با این حال حفره‌های پوششی بنابر دلایل مختلفی از جمله توزیع غیریکنواخت حسگرها، خرابی گره‌ها و اتلاف انرژی آن‌ها در منطقه مورد مطالعه ظاهر می‌شوند. مطالعه حاضر بر تعیین موقعیت حسگرهای جدید به منظور پوشش حفره‌ها و دستیابی به پوشش سراسری در شبکه حسگر بی‌سیم تمرکز دارد. برای این منظور، عملکرد روش درخت‌مبنا در افزودن حسگرهای جدید در شبکه حسگرهای بی‌سیم مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد با وجود عملکرد کلی قابل قبول این روش، در مواجهه با برخی آرایش‌های خاص از حسگرها کارایی مناسبی ندارد، که دلیل عمده آن، عدم توجه به موقعیت حسگرهای موجود در هنگام اضافه کردن حسگرهای جدید است. از این رو در روش ترکیبی پیشنهادی، روش درخت‌مبنا به گونه‌ای بهبود یافته که توانایی پوشش مناسب حفره‌ها با ابعاد و اشکال مختلف را دارا می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده عملکرد بهتر روش ترکیبی نسبت به روش درخت می‌باشد، زیرا در تعداد تکرار کمتر و با اضافه نمودن حسگرهای کمتر قادر به ایجاد پوشش سراسری در منطقه مورد نظر می‌باشد.

واژگان کلیدی: شبکه حسگر بی‌سیم، توزیع غیریکنواخت، حفره‌های پوششی، پوشش سراسری، روش درخت‌مبنا

* نویسنده رابط

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

کاربردهای شبکه حسگر بی‌سیم مانند نظارت بر محیط زیست[۱]، بررسی روند آتش‌سوزی جنگل‌ها ج برنامه‌های امنیتی و نظامی، انجام فرآیند اتوماسیون صنعتی[۲]، همچینن در مسائل پزشکی[۳, ۴] به پوشش کامل منطقه مورد مطالعه نیازمند می‌باشند [۵, ۶]. در شبکه‌های حسگر بی‌سیم در برخی موارد توزیع حسگرها به دلیل استقرار تصادفی و هوایی، حضور موانع و خرابی گره‌ها یکنواخت نیست [۷]. در استقرار تصادفی گره‌های حسگر، تراکم گره‌ها در برخی نقاط منطقه مورد مطالعه کمتر از حد مورد نیاز است و این مسأله، منجر به ظهور حفره‌های پوششی در این بخش‌ها می‌شود[۷, ۸]. ظهور حفره‌های پوششی ممکن است بر عملکرد کلی شبکه‌های حسگر بی‌سیم همچون کاهش قابلیت اطمینان داده، تغییرات کلی توپولوژی شبکه و از بین رفتن خطوط ارتباطی تأثیرگذار باشد [۹]. بنابراین شناسایی و بهبود حفره‌های پوششی یکی از چالش‌های بسیار مهم در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به شمار می‌آید.

مطالعات بسیاری به منظور ارائه روش‌هایی با هدف پوشش حفره‌های شناسایی شده در شبکه حسگر صورت گرفته است. به طور کلی روش‌های موجود برای جایابی حسگرها به دو دسته روش‌های سراسری و روش‌های محلی تقسیم می‌شوند. روش‌های سراسری، با در نظر گرفتن مسأله پوشش به عنوان یک مسأله بهینه‌سازی، به دنبال تعیین بهینه یک تابع برای تعیین تعداد و موقعیت حسگرها در کل منطقه مورد نظر می‌باشند [۱۰]. در مقابل، روش‌های محلی که عمدتاً رویکرد هندسی دارند، با در نظر گرفتن یک توزیع ابتدایی از گره‌ها در منطقه مورد مطالعه، با جابجایی حسگرهای موجود به دنبال بهبود موقعیت آنها به منظور افزایش میزان محدوده تحت پوشش آنها می‌باشند. برخی دیگر از روش‌های هندسی، به منظور پوشش حفره‌های موجود در شبکه، موقعیت‌های مناسب برای افزودن حسگرهای جدید را تعیین می‌نمایند. یکی از روش‌های ارائه شده برای این منظور، روش درخت‌مبنا است [۱۱] که پس از شناسایی حفره‌های موجود، بر اساس یک روش درختی به تعیین موقعیت‌های مناسب برای افزودن حسگرهای جدید به منظور پوشش این حفره‌ها اقدام می‌نماید. بررسی-های به عمل آمده بیانگر آن است که با وجود عملکرد کلی قابل قبول این روش، در مواجهه با برخی آرایش‌های خاص از حسگرها کارایی مناسبی ندارد، که دلیل عمده آن، عدم توجه به موقعیت حسگرهای موجود در هنگام اضافه کردن حسگرهای جدید است.

با توجه به موارد فوق، در این مقاله با بهبود عملکرد روش درخت‌مبنا، یک روش ترکیبی ارائه شده است که موجب بهبود روش درخت‌مبنا برای پوشش مناسب حفره‌ها با ابعاد و اشکال مختلف می‌گردد.

در ادامه، در بخش دوم مروری بر تحقیقات پیشین انجام شده در زمینه پوشش شبکه‌های حسگر بی‌سیم ارائه خواهد شد. در بخش سوم، روش درخت‌مبنا برای تعیین موقعیت حسگرهای جدید در شبکه، به عنوان اساس روش پیشنهادی، شرح داده شده و مزایا و معایب آن ارائه خواهد شد. بخش چهارم، به ارائه جزئیات روش پیشنهادی به منظور بهبود عملکرد روش درخت‌مبنا می‌پردازد. در بخش پنجم، نتایج حاصل از روش پیشنهادی ارائه شده و با روش درخت‌مبنا مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در نهایت، بخش ششم، به ارائه نتایج تحقیق و پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده در این زمینه می‌پردازد.

۲- پیشینه تحقیق

شناسایی و بهبود حفره‌های پوششی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، یکی از چالش‌های مهم مطالعات این حوزه به شمار می‌آید. به طور معمول رویکردهای موجود در حل این مسأله، به سه دسته عمده تقسیم می‌شوند: (۱) آماری؛ (۲) توپولوژیکی؛ و (۳) هندسی. رویکردهای آماری شناسایی حفره‌های پوششی بر این فرض استوار هستند که گره‌های حسگر توزیع شده در محیط، از توابع آماری خاصی پیروی می‌کنند و همچنین فرض می‌کنند که تراکم حسگرها در شبکه مورد نظر زیاد است [۸]. از دسته تحقیقات انجام شده بر اساس رویکرد آماری می‌توان به تحقیق Fekete و همکاران اشاره کرد که در آن الگوریتمی برای شناسایی حسگرهای مرزی داخلی و خارجی پیشنهاد کردند که مبتنی بر ایده میانگین درجه کمتر گره‌های مستقر بر روی مرز نسبت به گره‌های داخل شبکه بود [۱۲]. اگر چه رویکرد آماری قادر به شناسایی گره‌های اطراف حفره‌های پوششی است، با این حال این روش‌ها تضمینی برای تعیین دقیق گره‌های مرزی ارائه نمی‌کنند و این نقص می‌تواند فرآیند بهبود حفره‌ها را از حالت بهینه خارج نماید [۸]. روش‌های

www.SID.ir

Archive of SID

توپولوژیکی از خواص توپولوژی مانند اطلاعات اتصال بین گره‌ها به منظور شناسایی گره‌های مرزی استفاده می‌کنند [۸]. از تحقیقات انجام شده در این راستا می‌توان تحقیق Funk و همکاران را نام برد که در آن، یک الگوریتم تشخیص حفره، مبتنی بر توپولوژی گراف ارتباطی ارائه شده است [۱۳]. همچنین توری و همکاران با ارائه یک روش مبتنی بر الگوریتم تقسیم و حل و با بهره‌گیری از ویژگی‌های عناصر موجود در فضای پوچ به بررسی مکان حفره‌ها در شبکه پرداخته‌اند [۱۵,۱۴]. با وجود مزایای رویکرد توپولوژیکی ازجمله ساده‌سازی مسئله و سرعت بالاتر، امکان نادیده گرفته شدن برخی حفره‌های مثلثی شکل در آنها محتمل است [۸]. در نهایت، در رویکرد هندسی، از مختصات حسگرها در شبکه و ابزارهای هندسی مانند مثلث‌بندی دلونی و دیاگرام ورونوی به منظور شناسایی و بهبود حفره‌ها استفاده می‌شود [۱۶]. به عنوان نمونه، Gosh و همکاران از دیاگرام ورونوی به منظور برآورد تعداد حفره‌های موجود در شبکه، تحت توزیع غیریکنواخت گره‌های حسگر استفاده کردند [۱۷]. Li و همکاران نیز از مثلث‌بندی دلونی به منظور حل مشکل حفره‌های پوششی استفاده کردند [۱۸].

Ma و همکاران در یک طرح استقرار حسگرها در شبکه به منظور شناسایی حفره‌های پوششی از ویژگی‌های دایره‌های محاطی مثلث‌ها استفاده نمودند [۷]. در سال ۲۰۱۶، Li و همکاران الگوریتم جدیدی را با استفاده از نظریه گراف و مفهوم درخت، به منظور شناسایی و پوشش حفره‌های موجود فراهم کردند که در آن از حفره‌های مرزی و همچنین حفره‌های کوچک مقیاس صرف‌نظر شده است[۱۱]. اگر چه روش هندسی قادر به تشخیص گره‌های مرزی حفره با دقت بسیار بالا می‌باشد و این مزیت، فرآیند بهبود حفره‌ها را تسهیل می‌کند، با این حال به منظور تعیین موقعیت جغرافیایی هر گره در شبکه، لازم است که هر حسگر به یک دستگاه تعیین موقعیت نیز مجهز باشد.

مطالعه حاضر، با استفاده از روش پیشنهاد شده در [۸, ۱۱] و بهبود آن، قادر به شناسایی تمامی حفره‌های پوششی در شبکه حسگر بی‌سیم و سپس تعیین موقعیت مناسب برای حسگرهای جدید خواهد بود. مهم‌ترین ویژگی روش پیشنهادی، قابلیت تطابق آن در پوشش حفره‌ها با ابعاد و اشکال مختلف و آرایش‌های مختلف حسگرها، با تعداد حسگر کمتر و در تعداد تکرار کمتر می‌باشد.

۳- روش درخت‌مبنا برای تعیین موقعیت حسگرهای جدید به منظور پوشش مناطق بدون پوشش

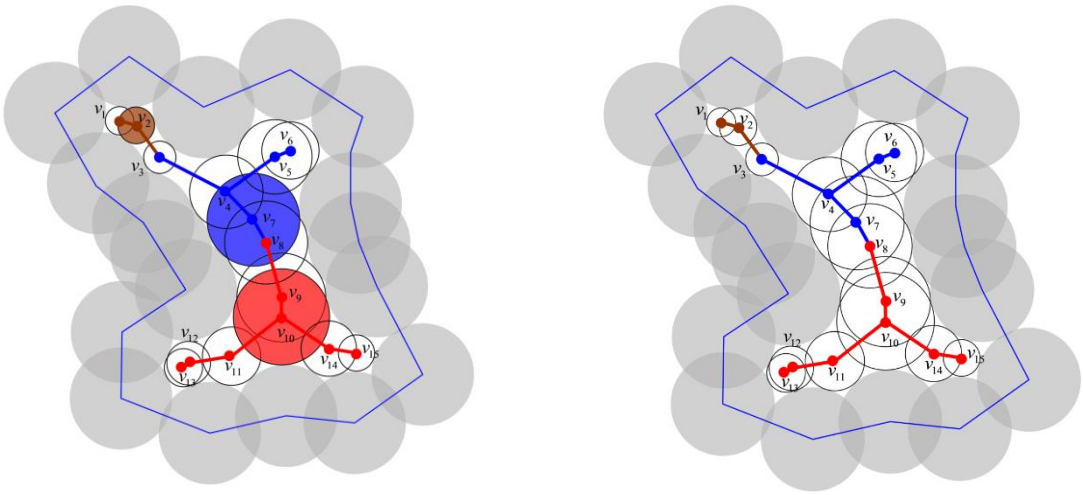
در این بخش به ارائه روش درخت‌مبنا برای تعیین موقعیت حسگرهای جدید به منظور پوشش مناطق بدون پوشش در شبکه‌های حسگر بی‌سیم می‌پردازیم و سپس مزایا و معایب آن را برمی‌شماریم.

همانطور که از نام این روش پیدا است، این روش از یک فرایند درختی پیروی می‌کند. همچنین رویکرد آن هندسی و بر مبنای مثلث‌بندی دلونی حسگرها می‌باشد. بدین ترتیب که پس از مثلث‌بندی حسگرها و تعیین حفره‌ها (که چگونگی آن در ادامه به تفصیل شرح داده خواهد شد)، به منظور پوشش هر حفره، مجموعه دوایر محاطی مثلث‌های دلونی تشکیل دهنده آن حفره در نظر گرفته می‌شود. از مجموعه مذکور، بزرگترین دایره محاطی به عنوان ریشه یک درخت در نظر گرفته می‌شود. در مرحله بعد، دایره محاطی مثلث‌های همسایه ریشه بررسی می‌شود. هر دایره‌ای که شعاع کوچکتر از دایره ریشه داشته باشد، به عنوان شاخه به درخت اضافه می‌شود؛ و فرایند فوق برای همسایه‌های آن شاخه تکرار می‌گردد تا زمانی که هیچ همسایه‌ای با شعاع کوچکتر وجود نداشته باشد. در غیر اینصورت (یعنی اگر شعاع دایره همسایه از شعاع دایره ریشه بزرگتر باشد)، خود آن دایره به عنوان ریشه درخت بعدی انتخاب شده و تمامی مراحل فوق برای آن تکرار می‌گردد. این فرآیند تا پایان تمامی دوایر محاطی متناظر با مثلث‌های تشکیل دهنده حفره ادامه می‌یابد (شکل ۱-الف). در نهایت مراکز ریشه-های درخت‌های به دست آمده، به عنوان مرکز حسگرهای جدید در نظر گرفته می‌شوند (شکل ۱-ب) [۱۱].

پس از انجام عملیات فوق برای کلیه حفره‌ها، مجدداً به صورت تکراری فرایند افزودن حسگر تکرار می‌شود تا زمانیکه هیچ حفره‌ای در منطقه باقی نماند.

www.SID.ir

Archive of SID



(ب) (الف)

شکل ۱- نحوه عملکرد روش درخت‌مبنا: (الف) تقسیم دایره‌های محاطی به درخت‌های مجزا (هر رنگ بیانگر یک درخت است)؛ (ب) تعیین موقعیت مناسب (مرکز دوایر رنگی) برای افزودن حسگرهای جدید [۱۱]

مزیت روش درخت‌مبنا، تأثیر شکل حفره در تعیین موقعیت حسگرهای جدید می‌باشد. زیرا در این روش، حسگرهای جدید در مراکز بزرگترین دوایر محاطی تشکیل دهنده حفره اضافه می‌شوند که موقعیت آن‌ها تابعی از شکل حفره می‌باشد. همچنین با توجه به این که می‌تواند چند حسگر جدید را برای پوشش حفره اضافه نماید، این روش در پوشش حفره‌های بزرگ مقیاس عملکرد مناسبی دارد.

با وجود مزایای فوق‌الذکر، چند نقیصه مهم در این روش وجود دارد که در برخی موارد موجب کاهش کارایی آن می‌گردد، که عبارتند از:

- این روش، فرض می‌کند که حسگرهای موجود به طور یکنواخت در منطقه توزیع شده‌اند در حالیکه در اغلب موارد، این شرط وجود ندارد.
- در این روش، موقعیت حسگرهای موجود، تأثیری بر تعیین موقعیت حسگرهای جدید ندارد، که می‌تواند موجب همپوشانی بیش از حد محدوده تحت پوشش یکی از حسگرهای موجود با حسگر جدید گردد.
- در برخی آرایش‌های خاص از حسگرها که در آنها تراکم حسگرهای تشکیل دهنده مرز حفره زیاد باشد، تعداد مثلث‌های تشکیل دهنده حفره نیز، زیاد خواهد بود و بنابراین تعداد حسگرهای جدید پیشنهادی نیز بیش از حد مورد نیاز خواهد بود. این مسئله برای حفره‌های کوچک مقیاس حادتر است، چرا که ممکن است به دلیل تشکیل مثلث‌های کشیده، موقعیت پیشنهادی برای حسگرهای جدید، در خارج از حفره قرار گیرد.

با توجه به موارد فوق، در بخش بعد، یک روش پیشنهادی برای بهبود نحوه عملکرد روش درخت‌مبنا ارائه می‌گردد که نواقص اشاره شده را بهبود می‌بخشد.

۴- روش پیشنهادی

در این بخش به ارائه جزئیات روش پیشنهادی به منظور بهبود عملکرد روش درخت‌مبنا می‌پردازیم. لازم به ذکر است برخی از مراحلی که در ادامه به آنها اشاره خواهد شد، مربوط به خود روش درخت‌مبنا بوده و برخی مراحل دیگر، توسط این تحقیق به منظور بهبود عملکرد این روش ارائه شده است.

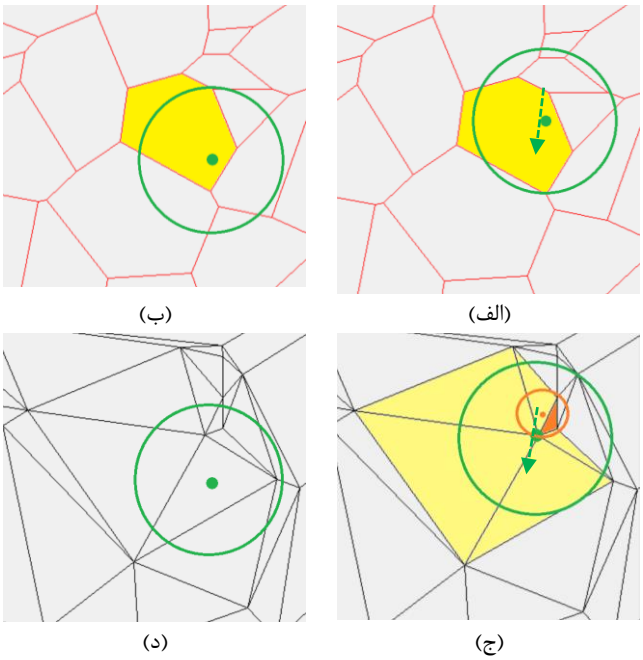
۴-۱- تولید مثلث‌بندی دلونی و بهبود توزیع نسبی حسگرها

همانطور که قبلاً اشاره شد، روش درخت‌مبنا با ایجاد ساختار مثلث‌بندی دلونی برای حسگرهای موجود آغاز می‌شود. در روش درخت‌مبنا، با فرض آنکه حسگرها به طور یکسان در منطقه توزیع شده‌اند، پس از ایجاد ساختار مثلث‌بندی دلونی، به تعیین حفره‌ها و سپس اضافه نمودن حسگرهای جدید برای پوشش آنها پرداخته می‌شود. در حالیکه این فرض معمولاً در داده‌های اولیه وجود ندارد، که در این حالت، نزدیکی بیش از حد برخی حسگرها به یکدیگر، موجب همپوشانی محدوده تحت پوشش آنها می‌گردد. این در حالی است که ممکن است با دور نمودن اینگونه حسگرها از یکدیگر، برخی مناطق فاقد پوشش، بدون نیاز به اضافه کردن حسگر جدید، تحت پوشش قرار گیرند.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به توضیحات فوق، در روش پیشنهادی پس از ایجاد مثلث‌بندی دلونی و پیش از آغاز فرایند شناسایی حفره‌ها، توزیع حسگرهای موجود تا حد امکان بهبود می‌یابد. به عبارت دیگر، حسگرهایی که بیش از حد به یکدیگر نزدیک باشند، تا حدی از یکدیگر دور می‌شوند که همپوشانی آنها به حداقل برسد. برای رسیدن به این هدف، همانطورکه در شکل (۲-الف) مشاهده می‌شود، در صورت ایجاد دیاگرام ورونوی حسگرها، بایستی برای هر حسگر، فاصله نزدیکترین رأس سلول ورونوی متناظر با آن (p) را محاسبه کرده و اگر این فاصله از شعاع پوششی حسگر کمتر بود، باید حسگر را تا حدی در راستای خلاف جهت p حرکت داد که محیط دایره پوششی بر روی p قرار گیرد (شکل ۲-ب). معادل این فرایند بر روی مثلث‌بندی دلونی (که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است) آن است که برای هر حسگر، فاصله آن تا مرکز کلیه دوایر محاطی مثلث‌های متصل به آن حسگر را محاسبه نموده و از بین آن‌ها، نزدیکترین مرکز دایره (c) تعیین می‌گردد (شکل ۲-ج). اگر فاصله حسگر تا c از شعاع پوششی حسگر کمتر باشد، باید حسگر را تا حدی در راستای خلاف جهت c حرکت داد که محیط دایره پوششی بر روی C قرار گیرد (شکل ۲-د).



شکل۲- نحوه جابجایی حسگرهای نزدیک به یکدیگر به منظور کاهش همپوشانی: (الف) نحوه حرکت حسگر برای پوشش حداقلی نزدیکترین رأس سلول ورونوی؛ (ب) موقعیت جدید حسگر بعد از دور شدن از نزدیکترین رأس سلول ورونوی: (ج) معادل شکل (الف) بر روی مثلث‌بندی دلونی که به صورت دور شدن حسگر از نزدیکترین مرکز دایره محیطی منتسب به مثلث‌های همسایه تفسیر می‌شود؛ (د) معادل شکل (ب) بر روی مثلث‌بندی دلونی

بر اساس توضیحات فوق، میزان جابجایی حسگر به شرح زیر خواهد بود:

$$dx = \frac{ss'(x_s - x_c)}{fc}$$
$$dy = \frac{ss'(y_s - y_c)}{fc} \qquad (۱)$$
$$ss' = r - fc$$

که در آن، S و 'S به ترتیب بیانگر موقعیت قدیم و جدید حسگر، c موقعیت نزدیکترین مرکز دایره محاطی منتسب به مثلث‌های متصل به حسگر، و r شعاع پوششی حسگر می‌باشند.

۴-۲- پالایش مثلث‌های نواحی مرزی شبکه

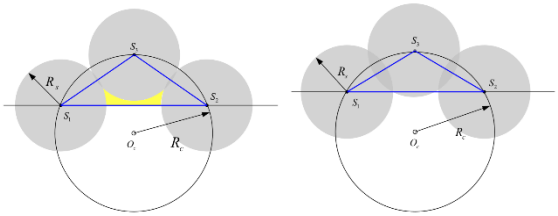
مراکز دوایر محاطی برخی از مثلث‌های نواحی مرز خارجی شبکه، خارج از محدوده شبکه قرار می‌گیرند. این امر سبب می‌شود که در فرآیند بهبود حفره‌ها، اضافه نمودن حسگر در مکانی خارج از محدوده شبکه پیشنهاد گردد ، که کمکی به بهبود پوشش در منطقه مورد نظر نمی‌کند. به منظور جلوگیری از ایجاد شرایط مذکور، در این مرحله اینگونه مثلث‌های مرزی، شناسایی شده و از ساختار مثلث-بندی حذف می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۳- شناسایی و تشکیل حفره‌های پوششی

در این مرحله، که در روش ارائه شده در [۸] وجود دارد، مثلث‌هایی که دارای مناطق فاقد پوشش باشند شناسایی می‌شوند. برای انجام این فرایند توجه به این نکته ضروری است که در صورتیکه کل دایره محاطی یک مثلث توسط حسگر پوشش داده شده باشد، بدیهی است که کل مثلث مربوطه نیز توسط حسگر پوشش داده شده است. ولی اگر دایره محاطی پوشش داده نشده باشد، ممکن است مثلث متناظر با آن، دارای مناطق فاقد پوشش باشد یا نباشد (شکل ۳). به عبارت دیگر، عدم پوشش دایره محاطی، شرط لازم (و نه کافی) برای عدم پوشش کامل مثلث مربوطه است.



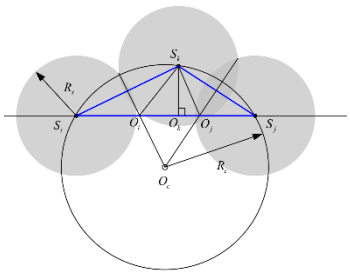
شکل۳- امکان وجود یا عدم مناطق فاقد پوشش در مثلث در صورت عدم پوشش کامل دایره محاطی آن [۸]

بنابراین در اولین گام، شعاع دوایر محاطی مثلث‌ها (R_e) با شعاع سنجشی حسگرها (R_s) مقایسه می‌شوند، و مثلث-هایی که شعاع دوایر محاطی (R_e) متناظر با آنها بزرگتر از R_s باشد، به عنوان مثلث‌های مشکوک به فاقد پوشش کامل شناسایی می‌شوند.

در مرحله بعد، برای تعیین دقیق آن دسته از مثلث‌های فوق که دارای مناطق فاقد پوشش در داخل مثلث می‌باشند از تئوری زیر استفاده می‌شود [۸]:

مطابق شکل ۴، مثلثی را در نظر بگیرید که از سه حسگر S_i، S_j و S_k تشکیل شده است. مرکز دایره محاطی این مثلث را O_c می‌نامیم. فرض کنید S_iS_j طولانی‌ترین ضلع این مثلث است. محل تلاقی ضلع S_iS_j با خطوطی که از O_c به اضلاع S_iS_k و S_jS_k عمود می‌شوند را به ترتیب O_i و O_j می‌نامیم. همچنین محل تلاقی ضلع S_iS_j با خطی که از رأس S_k تلاقی بر ضلع S_iS_j عمود می‌شود را O_k می‌نامیم. حال داریم:

- اگر $S_kO_i > Rs$ یا $S_kO_j > Rs$، آنگاه مثلث دارای یک ناحیه فاقد پوشش توسط حسگر خواهد بود.
- اگر $S_kO_i > Rs$ و $S_kO_j > Rs$ و $S_kO_k \leq Rs$، آنگاه مثلث دارای دو ناحیه فاقد پوشش توسط حسگر خواهد بود.



شکل۴- چگونگی تعیین وجود مناطق فاقد پوشش توسط حسگر در داخل یک مثلث [۸]

در نهایت، پس از تعیین مثلث‌های فاقد پوشش کامل با استفاده از فرایند فوق، با ادغام این مثلث‌ها می‌توان حفره‌های پوششی را تعیین نمود. برای این منظور، ابتدا مثلث‌های دارای ضلع مشترک را تعیین کرده و سپس هر دو مثلث مجاوری که دو شرط زیر را دارا باشند، با یکدیگر ادغام می‌گردند [۱۱]:

۱- طول ضلع مشترک دو مثلث، بزرگتر از دو برابر شعاع سنجشی باشد.

۲- مراکز دوایر محاطی هر دو مثلث، در یک سمت ضلع مشترک قرار گیرند.

بدین ترتیب، با انجام سه فرآیند فوق، حفره‌های موجود در شبکه تعیین می‌گردند.

۴-۴- تعیین موقعیت نقاط مناسب به منظور افزودن حسگرهای جدید

در مرحله آخر، باید با افزودن حسگرهای جدید، حفره‌های شناسایی شده را تحت پوشش قرار داد. مبنای روش پیشنهادی در تحقیق حاضر، استفاده از روش درخت‌مبنا است که در بخش قبل معرفی گردید. ولی همانطور که اشاره شد، بررسی‌ها و ارزیابی‌های انجام شده بیانگر آن بودند که این روش در برخی موارد کارایی مورد انتظار را برآورده نمی کند. برای حل این مشکل، در این تحقیق به منظور افزودن حسگر به یک حفره جدید، ابتدا مساحت آن حفره (که مجموعه مساحت مثلث‌های تشکیل دهنده آن است) تعیین شده و اگر نسبت آن به مساحت پوششی یک حسگر (که از شعاع پوششی تعریف شده برای حسگر به دست می‌آید) از حد معینی (مثلاً ۳ برابر) بیشتر بود، روش درخت مورد استفاده قرار می‌گیرد، در غیر اینصورت، به صورت ساده، فقط یک حسگر جدید در مرکز ثقل حسگرهای تشکیل دهنده مرز حفره افزوده می‌شود. دلیل این امر آن است که اولاً اگر نسبت مساحت حفره در مقایسه با مساحت پوششی حسگر کم باشد، نیازی به افزودن همزمان

www.SID.ir

Archive of SID

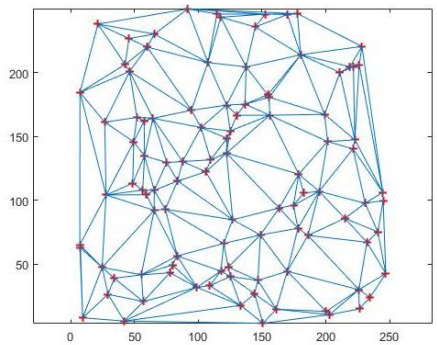
چندین حسگر برای پوشش آن (و در نتیجه، احتمال همپوشانی بیش از حد آنها) وجود ندارد، بلکه بهتر است ابتدا یک حسگر به آن افزوده شود و اجازه داد که در تکرار بعدی، در مرحله بهبود توزیع نسبی حسگرها (بخش ۴-۱ را ببینید) حسگرهای مجاور در تعامل با حسگر جدید جابجا شوند تا شاید در نتیجه این جابجایی‌ها، تمام یا حداقل بخشی از حفره موجود پوشش یابد. از سوی دیگر، همانطور که در بخش دوم اشاره شد، در حفره‌های کوچک، ممکن است آرایش حسگرهای مجاور به گونه‌ای باشد که در مرز حفره، تراکمی از حسگرها وجود داشته باشد که در این حالت، تعداد مثلث‌های تشکیل دهنده حفره و در نتیجه، تعداد حسگرهای جدید پیشنهادی نیز بیش از حد مورد نیاز خواهد بود.

لازم به ذکر است که بکارگیری روش افزودن حسگر در مرکز حفره، یک روش ساده است که پیشتر نیز مورد استفاده قرار گرفته است. ولی همانطور که در نتایج بخش پیاده‌سازی نشان داده خواهد شد، این روش به تنهایی نتوانسته به عنوان مبنایی برای پوشش حسگر مد نظر قرار گفته شود. با این حال، ترکیب آن با روش درخت‌مبنا در این تحقیق، نتایج قابل قبولی را ارائه کرده و موجب بهبود عملکرد روش درخت‌مبنا گردید.

در نهایت، کلیه مراحل ۳-۱ تا ۳-۴ به صورت تکراری تا دستیابی به پوشش مطلوب ادامه می‌یابد.

۵- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

در این بخش، ارزیابی روش پیشنهادی بر اساس پیاده-سازی آن و بررسی نتایج حاصل برای مجموعه‌ای از داده‌های نمونه ارائه خواهد گردید. برای این منظور، مجموعه‌ای از ۱۰۰ حسگر (با شعاع سنجشی ۲۰ متر) به صورت تصادفی در منطقه‌ای با ابعاد ۲۵۰ متر در ۲۵۰ متر توزیع شده‌اند.

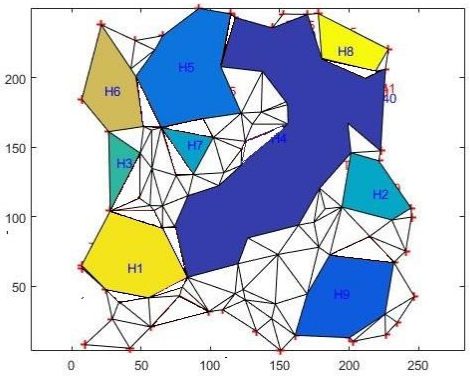


شکل۵- موقعیت اولیه ۱۰۰ حسگر مورد استفاده در بخش پیاده-سازی، و ساختار مثلث‌بندی دلونی آنها

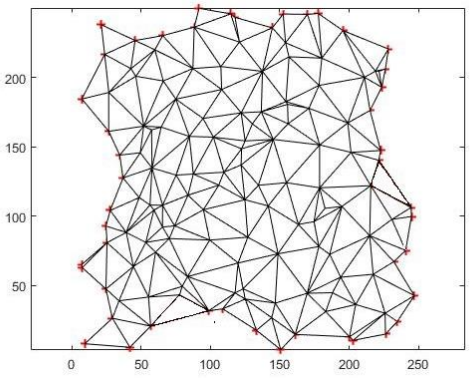
در ادامه نتایج به دست آمده برای حالتهای مختلف ارائه می‌گردد.

۵-۱- استفاده از روش درخت‌مبنا و مرکز ثقل به تنهایی بدون بهبود توزیع نسبی حسگرهای اولیه

در اولین مرحله از ارزیابی، بدون بهبود توزیع نسبی موقعیت حسگرهای اولیه، صرفاً از روش درخت‌مبنا برای تعیین نقاط مناسب برای افزودن حسگرهای جدید استفاده شد. شکل ۶، حفره‌های شناسایی شده در شبکه حسگرهای اولیه (پس از مرحله ادغام) را نشان می‌دهد. شکل ۷ نیز وضعیت نهایی حسگرها (اولیه و افزوده شده) را که در آن تمامی حفره‌ها تحت پوشش قرار گرفته‌اند را نشان می‌دهد، که پس از ۵ بار تکرار روش درخت‌مبنا و با اضافه کردن ۳۹ حسگر حاصل شده است.



شکل۶- حفره‌های شناسایی شده در شبکه بدون اجرای مرحله بهبود توزیع نسبی حسگرها



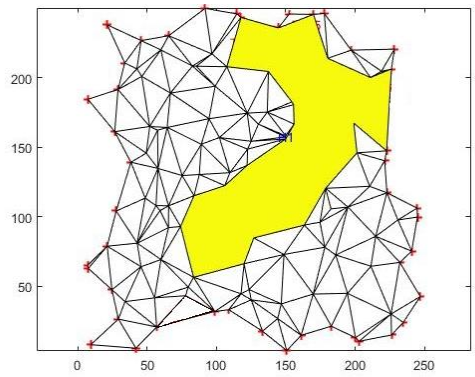
شکل۷- وضعیت نهایی حسگرها بر اساس بکارگیری روش درخت‌مبنا و بدون اجرای مرحله بهبود توزیع نسبی حسگرها

همچنین همانطور که شکل ۸ نشان می‌دهد، روش مرکز ثقل به تنهایی نتوانسته حفره نشان داده شده را پوشش دهد. دلیل این امر آن است که مرکز ثقل رئوس این

www.SID.ir

Archive of SID

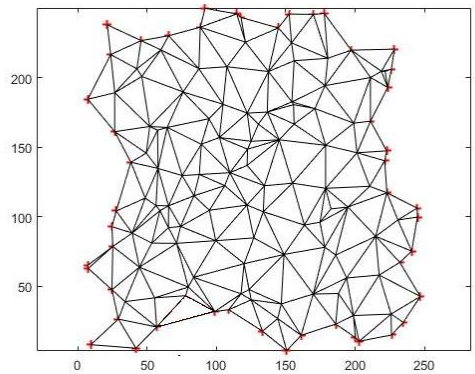
حفره، خارج از خود حفره است و بنابراین اضافه کردن حسگرهای جدید نمی‌تواند موجب بهبود پوشش آن گردد.



شکل۸- وضعیت نهایی حسگرها بر اساس بکارگیری روش مرکز ثقل (به دلیل قرارگیری مرکز ثقل حفره زرد رنگ در خارج از آن، اضافه کردن حسگرهای جدید نمی‌تواند موجب بهبود پوشش آن گردد)

۵-۲- استفاده از روش ترکیبی بدون بهبود توزیع نسبی حسگرهای اولیه

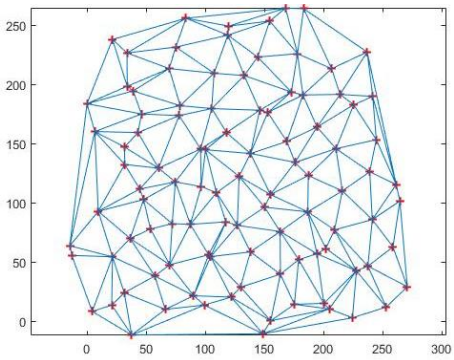
پارامترهای این مرحله، کاملاً همانند مرحله قبل است با این تفاوت که موقعیت حسگرهای جدید بر اساس روش ترکیبی پیشنهاد شده در این تحقیق تعیین گردیده‌اند. همانطور که در شکل ۹ نشان داده شده است، وضعیت نهایی حسگرها که در آن تمامی حفره‌ها تحت پوشش قرار گرفته‌اند، پس از ۴ بار تکرار روش ترکیبی و با اضافه کردن ۳۷ حسگر حاصل شده است.



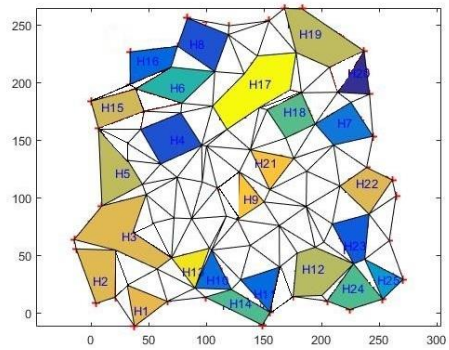
شکل۹- وضعیت نهایی حسگرها بر اساس بکارگیری روش ترکیبی بدون اجرای مرحله بهبود توزیع نسبی حسگرها

۵-۳- استفاده از روش ترکیبی با بهبود توزیع نسبی حسگرهای اولیه

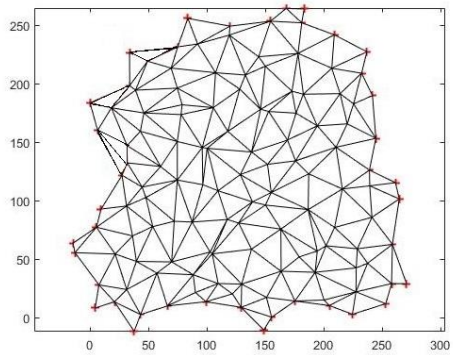
در مرحله نهایی ارزیابی، پس از بهبود توزیع نسبی موقعیت حسگرهای اولیه (شکل ۱۰)، از روش ترکیبی پیشنهادی برای تعیین نقاط مناسب برای افزودن حسگرهای جدید استفاده گردید. همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، در مقایسه با حالت عدم بهبود توزیع اولیه (بخش ۵-۱)، تعداد حفره‌ها بیشتر شده ولی مجموع مساحت آنها کاهش یافته است، که این امر به خوبی کارایی بهبود پیشنهادی اولیه در توزیع حسگرها را پیش از فرآیند شناسایی حفره و افزودن حسگرهای جدید نشان می‌دهد. شکل ۱۲ نیز وضعیت نهایی حسگرها (اولیه و افزوده شده) را که در آن تمامی حفره‌ها تحت پوشش قرار گرفته‌اند را نشان می‌دهد، که پس از ۳ بار تکرار روش درخت‌مبنا و با اضافه کردن ۲۹ حسگر حاصل شده است.



شکل۱۰- موقعیت حسگرهای اولیه پس از اعمال فرایند بهبود توزیع، و مثلث‌بندی دلونی آنها



شکل۱۱- حفره‌های شناسایی شده در شبکه حاصل از حسگرهای با توزیع بهبود یافته



شکل۱۲- وضعیت نهایی حسگرها بر اساس بکارگیری روش ترکیبی و با اجرای مرحله بهبود توزیع نسبی حسگرها

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی پارامترهای ارزیابی حاصل از پیاده‌سازی‌های فوق‌الذکر، بیانگر آن است که روش ترکیبی پیشنهادی با اعمال بهبود توزیع نسبی حسگرها توانسته با افزایش کارایی روش درخت‌مبنا، در تعداد تکرار کمتر و با اضافه کردن تعداد حسگر کمتر، کل محدوده مورد نظر را پوشش دهد.

۶- نتیجه‌گیری

حفره‌های پوششی یکی از چالش‌های بسیار مهم در زمینه شبکه‌های حسگر بی‌سیم به شمار می‌آید، که کیفیت عملکرد شبکه را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم‌هایی به منظور شناسایی و پوشش حفره‌ها با حداقل گره لازم و در کمترین زمان ممکن، امری حیاتی در طراحی شبکه‌های حسگر بی‌سیم با کیفیت عملکرد بالا است. در این مقاله، ضمن پیشنهاد روشی برای بهبود توزیع نسبی حسگرها به منظور کاهش حفره‌ها، یک روش ترکیبی بر مبنای روش درخت‌مبنا برای افزودن حسگرهای جدید به شبکه پیشنهاد گردید. نتایج به دست آمده از پیاده‌سازی بیانگر آن است که روش پیشنهادی توانسته است با کاهش تعداد تکرار و تعداد حسگرهای اضافه شده، عملکرد روش درخت‌مبنا را بهبود دهد.

در مراحل آتی این تحقیق، ترکیب سایر روشهای موجود برای اضافه کردن حسگر جدید با روش درخت‌مبنا مد نظر قرار خواهد گرفت. همچنین تعیین شرط مناسب برای انتخاب بهینه روش افزودن حسگر جدید، می‌تواند موجب بهبود کارایی روش ترکیبی پیشنهادی گردد.

مراجع

[1] Jin, G., & Nittel, S. (2008, November). " Tracking deformable 2D objects in wireless sensor networks. " In Proceedings of the 16th ACM SIGSPATIAL international conference on Advances in geographic information systems (p. 72). AC

[2] Amini, N., Miremadi, S. G., & Fazeli, M. (2007, April). "A hierarchical routing protocol for energy load balancing in wireless sensor networks. " In Proc. of 20th IEEE Annual Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Vancouver, Canada (pp. 1086-1089).

[3] Jafari, R., Encarnacao, A., Zahoory, A., Dabiri, F., Noshadi, H., & Sarrafzadeh, M. (2005, July). " Wireless sensor networks for health monitoring. " In Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2005. MobiQuitous 2005. The Second Annual International Conference on (pp. 479-481). IEEE.

[4] Sarrafzadeh, M., Dabiri, F., Jafari, R., Massey, T., & Nahapetian, A. (2006, October). " Low power light-weight embedded systems. " In Proceedings of the 2006 international symposium on Low power electronics and design (pp. 207-212). ACM.

[5] Meguerdichian, S., Koushanfar, F., Qu, G., & Potkonjak, M. (2001, July). "Exposure in wireless ad-hoc sensor networks." In Proceedings of the 7th annual international conference on Mobile computing and networking (pp. 139-150). ACM.

[6] Yao, J., Zhang, G., Kanno, J., & Selmic, R. (2009, May). " Decentralized detection and patching of coverage holes in wireless sensor networks." In Intelligent Sensing, Situation Management, Impact Assessment, and Cyber-Sensing (Vol. 7352, p. 73520V). International Society for Optics and Photonics.

[7] Ma, H. C., Sahoo, P. K., & Chen, Y. W. (2011). " Computational geometry based distributed coverage hole detection protocol for the wireless sensor networks." Journal of network and computer applications, 34(5), pp. 1743-1756.

[8] Li, W., & Zhang, W. (2015). "Coverage hole and boundary nodes detection in wireless sensor networks." Journal of network and computer applications, 48, pp. 35-43.

[9] Corke, P., Peterson, R., & Rus, D. (2007, April). "Finding holes in sensor networks." In Proceedings of the workshop on omniscient space: robot control architecture geared toward adapting to dynamic environments at ICRA.

[10] Karimipour, F., Argany, M., & Mostafavi, M. A. (2013). " Spatial Coverage Estimation and Optimization in GeoSensor Networks Deployment." Wireless Sensor Networks: From Theory to Applications, pp. 59-83.

[11] Li, W., & Wu, Y. (2016). "Tree-based coverage hole detection and healing method in wireless sensor networks." Computer Networks, 103, pp. 33-43.

[12] Fekete, S. P., Kröller, A., Pfisterer, D., Fischer, S., & Buschmann, C. (2004, July). " Neighborhood-based topology recognition in sensor networks. " In International Symposium on Algorithms and Experiments for Sensor Systems, Wireless Networks and Distributed Robotics (pp. 123-136). Springer, Berlin, Heidelberg.

www.SID.ir

Archive of SID

[13] Funke, S. (2005, September). “ Topological hole detection in wireless sensor networks and its applications.” In Proceedings of the 2005 joint workshop on Foundations of mobile computing (pp. 44-53). ACM.

[14] Toori, Sh., Karimipour, F. & Safari, A. (2017). “ A Cohomology-based Hole Detection Method in Mobile WSN.” Geospatial Engineering Journal, Vol. 8, Issue 4, pp. 37-46 (in Persian).

[15] Toori, Sh., 1395, “The use of (co) homology to improve placement in wireless sensor networks. ” Graduate University of Advanced Technology (in persian).

[16] Ganeriwal, S., Kansal, A., & Srivastava, M. B. (2004, April). “ Self aware actuation for fault repair in sensor networks. ” In Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA'04. 2004 IEEE International Conference on (Vol. 5, pp. 5244-5249). IEEE.

[17] Ghosh, A. (2004, November). “ Estimating coverage holes and enhancing coverage in mixed sensor networks. ” In Local Computer Networks, 2004. 29th Annual IEEE International Conference on (pp. 68-76). IEEE

[18] Li, X. Y., Wan, P. J., & Frieder, O. (2003). “Coverage in wireless ad hoc sensor networks. ” IEEE Transactions on computers, 52(6), pp. 753-763.

www.SID.ir