تحلیل مساله پوشش در شبکه های حسگر بی سیم

وحیده بابائیان*[۱]، اسماعیل آتش دهقان[۲]، علی چهکندی[۳]

[۱]عضو هیأت علمی، دانشگاه صنعتی بیرجند، گروه مهندسی کامپیوتر؛ babaiyan@birjandut.ac.ir
[۲]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند؛ esmaeel.atashdehghan@gmail.com
[۳]کارشناس ، دانشگاه صنعتی بیرجند، گروه مهندسی کامپیوتر؛ chahkandi.ali@gmail.com

چکیده

در طول دهه گذشته شبکه های حسگر بی سیم به یک زمینه تحقیق غنی تبدیل شده است. این شبکه ها طیف وسیعی از برنامه های کاربردی جدید را معرفی کرده و اخیراً تبدیل به یک بخش جدایی ناپذیر در مفهوم اینترنت اشیا شده است. یک شبکه حسگر بی‌سیم یک گروه از گره‌های حسگر توزیع شده است که برای نظارت اطلاعات یک محیط به کار می‌روند و از طریق لینک های بی‌سیم اطلاعات را به یک یا چند ایستگاه پایه ارسال می‌کنند. پوشش یکی از مهم ترین معیارهای عملکرد شبکه حسگر و تعیین کننده میزان کیفیت کنترلی است که یک شبکه حسگر بی سیم می تواند ارائه دهد. از جمله چالش های مهم در زمینه پوشش می‌توان به پویایی شبکه، استراتژی های پیاده سازی، اتصال به شبکه، حمایت از گسترش شبکه، افزایش طول عمر شبکه، توانایی پوشش و دقت الگوریتم اشاره کرد. ما در این مقاله ابتدا به تشریح مفاهیم شبکه های حسگر بی سیم، پوشش، طبقه بندی مسائل موجود در زمینه پوشش و چالش های موجود در این زمینه می‌پردازیم و سپس برخی تحقیقات که در سال های اخیر در این زمینه انجام شده است را عنوان کرده و آن ها را از نظر معیارهایی که در تحقیقات خود مورد اهمیت قرار داده اند مورد بررسی و مقایسه قرار خواهیم داد.

کلمات کلیدی

شبکه‌های حسگر بی‌سیم؛ پوشش؛ اتصال؛ استقرار گره‌ها

۱- مقدمه

شبکه های حسگر بی‌سیم در زمینه های مختلفی از جمله مدیریت بحران، دید بانی نظامی، رصد زیستگاه، ردیابی هدف، رصد سلامتی ساختار، زراعت، تشخیص نفوذ و رصد سلامت کاربرد دارند، اما بیشتر در محیط های خصومت آمیز مثل آتشفشان‌ها، مناطق سیل خیز و اقیانوس های عمیق که دخالت انسان ممکن نیست پیاده سازی می شوند[1].

یک شبکه ی حسگر می تواند از تعدادی از سنسورهای کوچک کم قدرت تشکیل شده باشد که قادرند اطلاعات مختلفی از پدیده‌های مختلف فیزیکی مانند صدا، نور، دما، حرکت، عمل لرزه ای، و غیره را تقریباً در همه انواع محیط‌ها از قبیل صنعتی، آتشفشانی، نظامی، و غیره به دست بیاورد[2]. این دستگاه های حسگر، سنسورهایی هستند که داده های حسی خام را پردازش می‌کنند و به شکل بی‌سیم با یک یا چند منبع جمع آوری داده ها در ارتباط هستند[2] .

پوشش یکی از مهم ترین معیارهای عملکرد شبکه حسگر و تعیین کننده میزان کیفیت کنترلی است که یک شبکه حسگر بی‌سیم می تواند ارائه دهد [3]. پوشش می تواند معانی مختلف داشته و با استفاده از روش های مختلف تعیین شود. به طور کلی در این مبحث یک سوال ایجاد شده است: ((چگونه حسگر های مستقر، فضای فیزیکی را مشاهده می‌کنند؟)) مثلاً برای کنترل یک ناحیه، تعدادی سنسور به گونه ای نصب شوند که بتوانند تمام مزاحمان را شناسایی کنند[3]. هرچقدر که پوشش در شبکه های حسگر افزایش می یابد، موفقیت آن در انجام وظایف حساس نیز افزایش می یابد [4]. پوشش در شبکه های حسگر با اتصال در شبکه مرتبط است و اتصال از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا اطمینان می دهد که اطلاعات حسی هر سنسور در یک شبکه می‌تواند به نود اصلی منتقل شود[2].

شبکه های حسگر بی سیم دارای ویژگی های متمایز از قبیل ارتباط چندگانه، پیکربندی خودکار، همکاری و پردازش در شبکه و عملیات‌هایی با کارایی بالا هستند. کارایی شبکه های حسگر بی‌سیم تحت تاثیر عوامل متعددی مانند مقیاس پذیری، توپولوژی، مصرف انرژی، تحمل خطا، محدودیت سخت افزار، عامل محیط زیست و رسانه‌ی انتقال است. از موانع و چالش های منحصر به فرد برای فعالیت های شبکه های حسگر بی‌سیم می توان به مواردی مثل اتصال بی‌سیم ، استقرار ad-hoc، خود مدیریتی و انرژی تعبیه شده درونی اشاره کرد. در میان مسائل مختلف مربوط به شبکه های حسگر بی‌سیم مسئله پوشش یک مسئله حیاتی است که تعیین کننده این است که چگونه یک منطقه توسط گره های حسگر کنترل شود[5]. همانطور که گفته شد شبکه های حسگر بی‌سیم بیشتر در محیط های خصومت آمیز مثل آتشفشان ها، مناطق سیل خیز و اقیانوس های عمیق که دخالت انسان ممکن نیست پیاده سازی می شوند، پس تلاش ها بر این است تا اثر و پایداری آن ها را افزایش دهند. پیاده سازی ها می توانند به دو صورت دستی یا تصادفی دسته بندی شوند که پیاده سازی تصادفی از آسمان (با استفاده از وسایل نقلیه هوایی / ربات) برای محیط های غیر قابل دسترس خطرناک مناسب تر است[1]. معیار های ارزیابی پوشش نیز می توانند کیفیت سرویس، تعداد نودهای فعال، وجود داشتن یا نداشتن در محل نود، بهره وری انرژی، هزینه های ارتباطی و مقیاس پذیری شبکه باشند[5].

۲- تحقیقات پیشین

به حداکثر رساندن پوشش و استقرار کم هزینه تر همیشه یک کار چالش برانگیز بوده است، مخصوصا زمانی که ناحیه کنترل ناشناس و یا شاید خطرناک باشد. علاوه بر این، پوشش به عنوان یکی از معیارهای قابل توجه عملکرد برای شبکه های حسگر است به دلیل این که نشان می دهد که یک ناحیه حسگر تحت نظارت کامل است. در این بخش قصد داریم تعدادی از تحقیقات و کارهایی که تا کنون در زمینه مساله پوشش انجام گرفته است را مختصرا تشریح نماییم.

در مطالعه انجام شده [1] در سال 2015 شماهای گوناگون برای استقرار MSN ها مورد مطالعه قرار گرفته و روی ماتریس های متنوعی تحلیل شده است.آن ها متدهای خروجی استقرار در توانایی‌های کاربردی در زمان واقعیشان را در محیطهای متخاصم محدود کردند چرا که بیشتر متغیرهای خارجی را کم اثر فرض کرده یا حتی در نظر نگرفتند که ممکن است به صورت دینامیک مانع اجرای هر شمای استقرار بشوند. مدل های مختلفی برای اعمال گره های حسگر در مناطق باز در مقیاس بزرگ ارائه شده است. این مقاله به طبقه بندی، کار و تجزیه و تحلیل تطبیقی این مدل ها پرداخته است.

در مطالعه صورت گرفته [2] یک طبقه بندی جدید مبتنی بر رویکرد محاسباتی استفاده شده برای مدل سازی و حل مسائل استقرار، برای الگوریتم های پیشنهاد شده در ادبیات برای استقرار برنامه ریزی شده شبکه های حسگر بی سیم ارائه شده است. آنان چهار رویکرد محاسباتی متمایز را مطرح کردند: الگوریتم های ژنتیکی، هندسه های محاسباتی، زمینه های پتانسیلی مصنوعی و بهینه سازی ازدحام ذرات. و برای هر رویکرد یک بحث از پیش زمینه محاسباتی پایه اش فراهم کردند. سپس الگوریتم هایی را که به هر رویکرد تعلق دارند مورد بازبینی قرار داده و براساس یک نظرسنجی گسترده این الگوریتم ها را از نظر اهداف، فرض ها و عملکردشان مقایسه کرده و قدرت و محدودیت های چهار رویکردشان را مطرح کردند.

در تحقیق انجام شده [3] در سال 2016 برخی تحقیقات مهم در محدوده استقرار حسگر و همچنین خصوصیات اصلیشان مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. آنان مسئله استقرار را بر اساس فاکتور های مهم بر طبق چهار استراژی استقرار طبقه بندی کردند. واین استراتژی ها را براساس برخی فاکتورهای مهم مانند حسگر های استقرار، توازن بارگذاری، تقسیم انرژی، توانایی، محدوده حسی حسگر ها، محدوده دلخواه، هزینه شبکه و غیره مورد مقایسه قرار دادند. در مقاله آن ها مزایا و معایب همراه با چالش های مهم استراتژی های مختلف نیز مورد بحث قرار گرفت. اطلاعات مربوط به مقایسه چهار استراتژی مطرح شده در جدول ۱ آمده است.

جدول۱: مقایسه استرتژی های استقرار پوشش[3]

معایب	مزایا	مدل حسگر	نوع حسگرها	الگوریتم	استراتژی
افزایش نود باعث افزایش هزینه می شود	کاهش هزینه تعادل انرژی	Deterministic	همگرا/ثابت	Aco-greedy	Liu ,He
عدم کاربرد برای سنسورهای متحرک	پوشش سریع عملکرد خوب کاهش هزینه	Deterministic	همگرا	Normalized GA	Yourim,Yong
نوسان	کنترل نامتمرکز	Deterministic	متحرک	GSO	Liao,Kao et al
در نظر نگرفتن حفره های مرزی	تحرک پایین پروتکل متمرکز پیچیدگی کم	Deterministic	همگرا/متحرک	Apf	Senouci,Abdelhamid

در تحقیق [4] در سال 2015 حسگر هایی که برای بهبود پوشش شبکه به زمینه مانیتورینگ مطابق OTLBO[1] منتقل می‌شوند (بهینه سازی مبتنی بر یادگیری آموزش متعامد) مورد مطالعه قرار گرفته و عنوان شده است که OTLBO به نسبت TLBO (بهینه سازی مبتنی بر یادگیری آموزش) یک بهبود به حساب می آید. که باعث سریعتر شدن TLBO در پوشش و قدرت بیشتر آن می‌شود. آن ها با بیان اینکه OTLBO یک رویکرد بسیار قدرتمند انواع مختلف بهینه سازی مسائل است نتیجه‌گیری کردند که این مسائل در تهیه نتایج بهینه کیفیت در زمان پوشش در مقایسه با تکنیک های انقلابی بسیار محبوب مثل PSO، DE، GA سریع‌تر بوده و بسیاری از متغیرهایش قابل تجزیه، غیر قابل تجزیه، تک منظوره و چندمنظوره هستند.

در سال 2015 در مقاله [5] مفاهیم و مسائل مطرح در زمینه پوشش و همچنین معیارهای پوشش در شبکه های حسگر بی‌سیم به صورت خلاصه مطرح شده است.

در سال 2016 در مطالعه [6] یک برنامه خطی صحیح مختلط چند قیدی (MILP[2]) در حالی که اتصال، پایداری، برداشت انرژی و نرخ تخلیه نیز مورد توجه قرار گرفته است، با هدف به حداقل رساندن تعدادگره های امدادی توسعه داده شده تا در شبکه استقرار یابد. آن ها این مسئله را با نام SMRMC[3](استقرار حداکثر، اتصال حداقل، امداد پایدار) می‌شناختند و ثابت کردند NP-hard است. یک راه حل حریصانه چند اتصال سبک برای مسئله SMRMC که ابتدا برای K=1 توسعه یافته بود. آنان با ساختن محدب چند ضلعی بین گره های امدادی موجود برای هر k بزرگتر مساوی ۲ یک راه حل تولید شده را ارائه دادند. پس از انجام آزمایش های شبیه سازی گسترده برای ارزیابی عملکرد استراتژی پیشنهادی و مطالعه عملکرد آن در MATLAB عنوان شد که الگوریتم SMRMC پیشنهادی در مقایسه با تکنولوژی های جدید می تواند عمر شبکه را دو برابر کند در حالی که حداقل تعداد گره امدادی را مستقر می‌کند.

در سال 2016 در مطالعه [7] برای زیر نظر داشتن پوشش کامل و اتصال چند گانه استقرار شبکه های حسگر بی سیم برای مانیتورینگ اطلاعات رشد محصول مزرعه روی یک محدوده بزرگ و اطمینان از دقت داده های رصد شده، یک متد استقرار WSN جدید با استفاده از الگوریتم ژنتیک ارائه شد. آن ها تابع ارزیابی الگوریتم ژنتیک را براساس ۴ معیار ساختند.

گره ها در قطعه های مربوط واقع شوند.

شبکه های حسگر بی‌سیم k اتصال باشد.

شبکه های حسگر بیسیم سیلوهای ارتباطی نداشته باشند.

حداقل فاصله بین گره تا مرز طرح بیشتر از یک مقدار خاص باشد تا مانع تاثیر هر لایه از اثر لبه مزرعه شود.

آنان آزمایش های اکتشافی را بر روی زمین های زراعی طبیعی و زمین های کشاورزی نامنظم انجام دادند. پس از انجام آزمایشات هر دو WSN پوشش کامل دادند، هیچ سیلو ارتباطی موجود نبود و حداقل اتصال گره ها برابر با k بود. استقرار برای مقدار های متفاوتی از k و فاصله انتقال d به گره آزمایش شد. آزمایشات آنان نشان می داد زمانی که d روی ۲۰۰ متر تنظیم می شد، همانطور که k از دو به ۴ افزایش می یافت حداقل اتصال گره ها افزایش یافته و برابر با k می شد. وقتی k روی۲ تنظیم می شد، اتصال میانگین همه گره ها به صورت خطی افزایش می یافت. با افزایش d از ۱۴۰ متر به ۲۵۰ متر، حداقل اتصال تغییرنمی کرد.

در تحقیق [8] که در سال 2015 انجام گرفته است پیشنهاد شد که برای توسعه شبکه بهینه شده، گره ها در دو الگوی توری و دایره ای جایگذاری موثر شوند که آن را یکنواختی گره ها می نامیدند تا با جایگذاری رندم گره ها مقایسه شوند. آن ها عنوان کردند هر گره در فاصله یکنواخت با همسایه ها، در موقعیت بهینه است. که با اجرای یک الگوریتم مسیر یابی موثر انرژی که یک انرژی اضافی را ذخیره می کند دنبال می شود تا مدیریت اتصال را با اتصال به همه گره ها فراهم کند. نتایج شبیه سازی با جایگذاری تصادفی گره ها، یک بهبود قطعی را برای شبکه در زمینه های انرژی باقی مانده شبکه، عمر شبکه، مصرف انرژی شبکه، نشان می داد.

در سال 2014 طی تحقیق [9] پارامترهای مختلفی که باعث بهبود کارایی می شود مورد بحث قرار گرفت. با توجه به این مباحث یک طرح جدید ارائه شد که در آن منطقه سنجش به حلقه های کوچک تقسیم می شد و گره ها در مرکز و انتهای قطر قرار می‌گرفتند. این الگو دو پوشش داشته و درجه چهار بود. در پایان با توجه به نتایج شبیه سازی عنوان شد که الگوی پیشنهادی آن ها از گره های کمتر استفاده کرده و پوشش بهتری نسبت به طرح هایی مانند مثلث، مربع یا شش ضلعی فراهم می کند. همچنین بیان شد که الگوی پیشنهادی آن ها از نظر صرفه جویی در انرژی و حداقل تاخیر نیز نسبت به دیگر طرح ها برتری دارد.

---

[1] Orthogonal Teaching Learning Base Optimization
[2] Multiple Integrated Linear Program
[3] Sustainable Minimum-Relay Maximum-Connectivity Deployment

در سال 2014 نیز در مطالعه انجام گرفته [10] مساله k پوشش مورد بررسی قرار گرفت .در این تحقیق چند منطقه با حداقل K سنسور پوشش داده شد و سپس با مشخص کردن دو دسته از مسائل مربوط به پوشش K که عبارت اند از پوشش متمرکز و پوشش نامتمرکز، راه حل های مختلف آن ها بررسی شده است. اما با وجود تحقیقات بسیاری که در این زمینه انجام گرفت، محقق نتوانست به روشی دست یابد که ضمن k پوشش بودن تمامی موانع و تداخل های مختلف را برطرف نماید.

۳- مقایسه و بررسی

در بین تحقیقات پیشین ارائه شده در بخش قبل، در تحقیقات [۴، ۶، ۷، ۸ و ۹] یک روش جدید یا یک پیشنهاد نو ارائه شده است. هر گروه در تحقیقات خود یک سری پارامترهای ارزیابی کارایی را مورد نظر گرفته و سعی کرده اند در روشی که ارائه می دهند، آن پارامترها را به بهینه ترین شکل ممکن برسانند. همچنین هر کدام از آن ها از نرم افزارها و محیط برنامه نویسی خاصی استفاده کرده اند.

در این بخش قصد داریم روش های ارائه شده توسط این پنج گروه را از نظر معیار هایی که مدنظر قرار داده و به آن ها توجه کرده اند و همچنین محیط هایی که در آن کار کرده اند مقایسه کنیم. که این مقایسه به صورت خلاصه در جدول۲ آمده است.

در این مقایسه یک ارزیابی جامع را از این پنج روش پیشنهادی انجام داده ایم و از لحاظ پارامترهایی از قبیل پوشش حداکثری، انرژی باقیمانده، تاخیر، عمر شبکه، تعداد نودهای استفاده شده در شبکه، میزان مصرف انرژی، زمان محاسبات و سرعت الگوریتم ها، عملکرد خوب و یکپارچگی مورد بررسی قرار داده ایم. این موارد را با جزئیات می‌توانید در جدول ۲ مشاهده کنید.

جدول ۲: ارزیابی و مقایسه روش های پیشنهادی جدید در تحقیقات پیشین

طراحان	Prakash et al [4]	Mehajabin et al [6]	Liu et al [7]	Bendigeri , Mallapur [8]	Shaktawat, Sharma[9]
سال انتشار	2015	2016	2016	2015	2014
الگوریتم	-	-	Genetic	-	-
زبان برنامه نویسی	-	MATLAB	C#	C++	-
پوشش حداکثر					
اتصال	-				-
انرژی باقیمانده	-	-	-		-
چند پوششی				-	
تاخیر	-	-	-	-	
عمر شبکه	-		-		-
تعداد نودها	-			-	
مصرف انرژی	-		-		
هزینه	-	-	-	-	
تعداد پرش ها	-		-		-
زمان محاسبه	-		-	-	-
نرخ تخلیه	-		-	-	-
سرعت		-	-	-	-
سیلو ارتباطی	-	-		-	-
پایداری	-		-	-	-
عملکرد بالا		-	-	-	-
یکپارچگی		-	-	-	-

با توجه به متریک های مقایسه ای در جدول فوق، به نظر می رسد روش پیشنهادی [6] به پارامترهای کیفی بیشتری نمرکز داشته است. در نتیجه روش بهتری به نسبت چهار روش دیگر می باشد.

۴- نتیجه گیری

ما در این مقاله ابتدا شبکه های حسگر بی‌سیم و مساله پوشش در این شبکه ها را معرفی کردیم. سپس تحقیقاتی که تاکنون در زمینه پوشش شبکه های حسگر بی‌سیم انجام گرفته است را ذکر کرده و آن ها را از نظر معیار هایی که مورد اهمیت قرار داده اند مورد بررسی و مقایسه قرار دادیم. با توجه به نتایج قابل استنتاج از جدول۲ می توان گفت تقریباً هر پنج گروه در روش های ارائه شده خود برای معیار های حداکثر پوشش، مصرف بهینه انرژی، حداقل تعداد نودها، قابلیت اتصال و چند پوششی اهمیت زیادی قائل شده و سعی کرده اند تا در روش های مورد ارائه خود به نقطه ی نرمالی در این معیارها برسند. از نظر ما نیز معیارهای ذکر شده از اهمیت بیشتری نسبت به معیار های دیگر برخوردارند و توصیه می شود در روش های جدیدی که در آینده ارائه می شود ضمن توجه به دیگر معیار های ارزیابی در زمینه پوشش به این پنج فاکتور توجه بیشتری شود. ضمناً فاکتور هزینه نیز می‌تواند مهم باشد که به نظر این ایده منطقی به نظر می رسد که در محیط های کم اهمیت و بی خطر به کمینه کردن هزینه توجه زیادی شود اما در محیط هایی که بروز هرگونه اشکال در آن ها خطرساز است، مانند مناطق جنگی بهتر است فاکتورهای کیفیتی دارای اولویت باشند.

۵- مراجع

[1]. Vikrant Sharma,R.B Patel,H.S Bhadauria,D. Prasad, “Deployment schemes in WSN to achieve blanket coverage in large-scale open area”,Egyptain Information Journal 17,45-56, 2016

[2]. Dina S. Deif,Yasser Gadallah, ”Classification of WSN Deployment Techniques”, EEE Communications Surveys & Tutorials (Volume: 16 , Issue: 2 , Second Quarter 2014), pp: 834 – 855, DOI: 10.1109/SURV.2013.091213.00018, 2013

[3]. Sanay Abdollahzadeh,Nima Jafari Navimipour, ”Deployment Strategies in the WSN A Comprehensive review”,Computer Communication 000, pp: 1-16, 2016

[4]. Anand Prakash,R.K Yadav,Dr. Daya Gupta, ”Sensor Node Deployment based on OTLBO in WSN”, Procedia Computer Science, vol 57, pp: 988 – 995, 2015

[5]. Surgit Singh,Rajeev Mohan Sharma, ”Some Aspects of Coverage Awareness in WSN”, Procedia Computer Science, vol 70 , pp: 160 – 165. , 2015

[6]. Nusrat Mehajabin,Md. Abdur Razzaque,Mohammad Mehdi Hassan,Ahmad Almogren,Atif Alamri, ”Energy-Sustainable Relay Node Deployment in WSN”,Computer Network, vol 104, pp 108-121, 2016

[7]. Naisen Liu,Weixing Cao,Yan Zhu,Jun Ni, ”Node Deployment with K-connectivity in Sensor Networks for CropInformation Full Coverage Monitoring”,Sensors, vol 19, 2096. doi:10.3390/s16122096, 2016

[8]. Kirankumar Y. Bendigery,Jayashree D. Mallapur,”Multiple Node Placement Strategy for Efficient Routing in WSN”,Wireless Sensor Network,vol 7, pp: 101-112, http://dx.doi.org/10.4236/wsn.2015.78009, 2015

[9]. Shruti Prabha SHaktawat,O.P Sharma, ”Node Deployment Models and their Performance Parameters for WSN”, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 88 – No.9, February, 2014

[10]. Nilufa Yeasmin,”K-Coverage Problem and Solution in WSN”,International Journal of Computer Applications (0975 8887), Volume 100 - No. 1, 2014