

ارزیابی پارامترهای الگوریتم های خوشه بندی به منظور افزایش طول عمر شبکه حسگر بی سیم

آزاده نوایی تورانی^۱، سید حمید حاج سید جوادی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نرم افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه، ساوه، ایران

^۲ عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند، تهران، ایران

چکیده

هدف از انجام این پژوهش بررسی رابطه بین غنی سازی شغل، تعهد سازمانی، و عملکرد شغلی کارکنان بانک ملت استان ویژگی های منحصر به فرد شبکه، چالش های متعددی را در طراحی شبکه حسگر ارائه کرده است. همین موضوع فرصت مطالعات بسیاری در زمینه شبکه های حسگر بی سیم (WSN) ها چند سال گذشته، برای محققان و پژوهشگران فراهم کرده است. یکی از چالش های اصلی ترین چالش ها ظرفیت محدود انرژی گره های حسگر می باشد. در بسیاری از موارد برای کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم از معماری سلسله مراتبی استفاده شده است. در شبکه سلسله مراتبی، گره های حسگر به شکل خوشه هایی سازماندهی می شوند که در آن اعضای خوشه، داده های خود را به سرخوشه ارسال کرده و سرخوشه ها به عنوان رله هایی برای انتقال داده به ایستگاه اصلی عمل می نمایند. خوشه بندی و انتخاب گره مناسب به عنوان سرخوشه نه تنها در مصرف انرژی مورد نیاز برای برقراری ارتباط را کاهش دهد، بلکه بار ترافیکی را به تعادل رسانده و در زمان رشد ابعاد شبکه باعث ارتقای قابلیت مقیاس پذیری شبکه می گردد. در این مقاله، ما یک چندین الگو ریتیم های خوشه بندی را براساس پارامترهای از جمله اندازه خوشه، تعداد خوشه، خوشه های برابر، آگاهی محل جغرافیایی گره، توپولوژی درون خوشه، گره همگن یا ناهمگن، لایه MAC و غیره مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته اند.

واژه های کلیدی: شبکه های حسگر بی سیم، خوشه بندی، سرخوشه، افزایش طول عمر.

مقدمه

پیشرفت تکنولوژی مخابرات و صنعت قطعات الکتریکی و الکترونیکی خرد، منجر به ساخت حسگرهایی کوچک و نسبتاً ارزان شده که از طریق یک شبکه بی‌سیم با یکدیگر در ارتباطند. این شبکه‌ها به ابزار مناسبی برای استخراج داده از محیط اطراف و مانیتورینگ رویدادهای محیطی تبدیل شده‌اند و کاربردهای آنها در زمینه‌های خانگی، صنعتی و نظامی، اهمیت رو به رشدی پیدا کرده است. در طراحی شبکه‌های حسگر بی‌سیم مسئله اساسی، محدود بودن منبع انرژی حسگرهاست. از طرفی بخاطر وجود تعداد بسیار زیاد حسگر در شبکه و یا عدم امکان دسترسی به آنها، تعویض یا شارژ باتری حسگرها عملی نیست. به همین دلیل ارائه روش‌هایی جهت مصرف بهینه انرژی که در نهایت باعث افزایش عمر شبکه‌ها می‌شود، شدیداً احساس می‌گردد. پژوهش‌های قبل نشان داده است که با سازماندهی گره‌های شبکه در خوشه‌هایی، می‌توان به کارایی بیشتری از انرژی رسید. کارایی بیشتر انرژی به افزایش عمر شبکه منتهی می‌گردد.

روش های اجرای الگوریتم های خوشه بندی

نوع اجرای الگوریتم نیز به دو دسته مرکزی و توزیع شده، تقسیم می‌گردد. در نوع مرکزی، ایستگاه اصلی براساس معیارهای تصمیم‌گیری همچون اطلاعات موقعیت جغرافیایی، باقیمانده انرژی گره‌ها و غیره از گره‌های حسگر جمع‌آوری کرده و در مورد سرخوشه بودن گره‌ها تصمیم‌گیری می‌کنند و سرخوشه‌ها را به سایر گره‌های معرفی می‌نمایند. در نوع توزیع شده الگوریتم تصمیم‌گیر بطور مستقل در هر گره شبکه اجرامی‌گردد. بنابراین هر گره بصورت مجزا، در مورد سرخوشه شدن تصمیم‌گیری می‌کند.

سلسه مراتبی تک پرشی و چند پرشی

در برخی الگوریتم‌های منتشرشده، مفهوم خوشه بندی سلسه مراتبی جهت ارسال داده‌ها به ایستگاه پایه مطابق با تعداد پرش‌های بین گره‌ها و ایستگاه پایه به چشم می‌خورد. یکی از مسئله مهم در رابطه با خوشه بندی، چگونگی انتخاب سرخوشه‌ها و نحوه سازماندهی خوشه است. این شبکه‌ها را، مطابق با فاصله بین اعضای خوشه و سرخوشه‌های آن‌ها، به دو نوع معماری خوشه بندی تک پرشه یا چند پرشه دسته بندی کرد. در شبکه‌های تک پرشه گره‌های حسگر داده‌های حس شده خود را مستقیماً به ایستگاه پایه ارسال می‌کنند. شبکه چند پرشه (غیر مستقیم)، گره‌های داده‌های حس شده خود را از طریق یک چند گره میانی به ایستگاه پایه ارسال می‌کند، گره‌های میانی، عمل مسیریابی و انتشار داده‌ها در امتداد یک یا چند مسیر به ایستگاه پایه عهده دارد. به منظور مدیریت بهینه شبکه، کارایی کانال و جنبه اقتصادی انرژی استفاده از خوشه بندی شبکه بزرگ بیشتر مورد توجه قرار گرفته است، چرا که در این شبکه‌ها، کارایی و ارتباط میان خوشه‌های از اهمیت بسزایی برخوردار است.

آگاه از محل گره‌ها

اکثر شبکه‌های حسگر از تعداد زیادی گره تشکیل شده است و چیدمان گره‌ها معمولاً بصورت تصادفی در محیط‌های غیر قابل دسترسی و اطمینان می‌باشد برای دستیابی منطقه تحت پوشش هر گره یا زمانبندی خواب و بیدار گره‌ها ملزم به آگاهی داشتن از محل جغرافیایی (مکانی) گره‌ها هستید. در سال‌های اخیر تکنیک‌ها بی‌شماری جهت مکان‌یابی گره‌ها در شبکه‌ها پیشنهاد شده است و برخی از الگوریتم‌های خوشه بندی به تکنیک‌های موقعیت‌یابی جغرافیایی مجهز هستند، مثلاً هر گره، مجهز به سخت افزار GPS یا سیستم موقعیت‌یابی می‌باشند، به طوری که موقعیت جغرافیایی فعلی خود را بدانند. بعلاوه این گره‌ها از باقیمانده انرژی خود همسایگان خود آگاه باشند.

آگاه از محل گره‌ها

هدف اصلی از خوشه بندی شبکه حسگر بی سیم، به حداکثر رسیدن طول عمر باطری شبکه مستلزم به حداقل رساندن انرژی مصرفی کل شبکه است. خوشه بندی با تعداد گره ای برابر در جدول شماره ۱ با نما E و با تعداد گره های نابرابر با نماد U تعریف شده است. خوشه بندی نابرابر یعنی خوشه ها با اندازه مختلف و توزیع غیریکنواخت تشکیل می گردد، مشکل گلوگاه در انتقال اطلاعات سرخوشه چند سطحی به ایستگاه پایه، کمتر می گردد. هنگامی که سرخوشه داده ها رابه سرخوشه همسایه ارسال کند، بار ترافیک آن سرخوشه سنگین تر می گردد و در نتیجه تمایل به مرگ زود هنگام گره ها بیشتر شده است. بنابراین برخی از الگوریتم های خوشه بندی، خوشه با اندازه نابرابر برای انتقال داده های استفاده می کند.

معیارهای موثر در خوشه بندی

یکی از جنبه های مهم طراحی شبکه حسگر بی سیم معماری و پروتکل های این شبکه ها هستند. به دلیل محدودیت شدید انرژی گره های حسگر، طراحی معماری شبکه تاثیر زیادی بر مصرف انرژی، در نتیجه افزایش طول عمر دارد. از طرف دیگری شبکه حسگر از تعداد زیادی گره تشکیل شده است که بصورت متراکم در ناحیه حسگری چیده شده اند و برای انجام عمل حسگری با یکدیگر همکاری می کنند. برای خوشه بندی بهینه برای به حداکثر رساندن طول عمر شبکه ها از پارامترهای همچون تعداد خوشه، توپولوژی درون خوشه ها، توپولوژی بین خوشه ها و اندازه خوشه ها استفاده می گردد. در برخی از الگوریتم ها تعداد خوشه ها یک عدد ثابت فرض شده است و توپولوژی درون خوشه ها می تواند یک یا چند سطحی باشند. مثلا گره های که بصورت مستقیم داده ها را سرخوشه ها ارسال می کند از توپولوژی تک سطحی و اگر به کمک سایر گره ها داده ها ارسال کنند از توپولوژی چندسطحی استفاده می کنند و همچنین اندازه خوشه در برخی از الگوریتم ها، یک عدد ثابت و یا متغیر در نظر گرفته اند.

معماری شبکه های حسگر بیسیم (همگن/ناهمگن)

بر اساس روش جمع آوری داده ها، شبکه حسگر بی سیم را می توان به دو دسته تقسیم نمود: شبکه های حسگر همگن شامل ایستگاه های پایه و گره های حسگری است که به قابلیت های یکسانی مجهز شده اند، به عنوان مثال توان محاسباتی و ظرفیت حافظه یکسان دارند. جمع آوری داده در این نوع شبکه ها براساس ساختار انتشار داده است. شبکه های حسگر ناهمگن از ایستگاه پایه، گره های حسگر پیچیده مجهز به قابلیت های پردازشی و ارتباطی توکار پیشرفته در مقایسه گره های حسگر معمولی و دارائی خصوصیات مشترکی نظیر انرژی اولیه منابع ارتباطی و محاسباتی نمی باشند و جمع آوری داده ها در ایستگاه های پایه متحرک انجام می گیرد. در این مقاله شبکه حسگر بی سیم ناهمگن (فقط از نظر انرژی اولیه) مورد بحث قرار گرفته است.

کنترل دسترسی به رسانه (MAC)

در شبکه هایی با رسانه مشترک، کنترل دسترسی به رسانه به منظور انجام عملیات موفقیت آمیز شبکه ضروری است. وظیفه اصلی پروتکل MAC، ایجاد دسترسی به رسانه یا کانال مشترک برای اجتناب از تصادم و در عین حال تسهیم عادلانه و موثر منابع پهنای باند در میان چندین گره است. در این مقاله از مکانیزم های دسترسی چندگانه با تقسیم کد (TDMA) و دسترسی چندگانه با تشخیص سیگنال حامل (CSMA) برای مدیریت کانال رسانه استفاده شده است.

پیچیدگی الگوریتم

در بسیاری از الگوریتم های اخیر، پایان سریع ۵۹ پروتکل اجرا شده، یکی از اهداف اصلی طراحی است. در حالی که در برخی پروتکل های اولیه، پیچیدگی زمانی به تعداد حسگرهای CH وابسته به تعداد شبکه بستگی داشته و از طرف دیگر، این پروتکلها، بر معیارهای دیگری به عنوان اولویتهای اصلی متمرکز بودند.

در بسیاری از الگوریتم اخیر، پیچیدگی در زمان اجرا و برخی ا به سادگی قابل اجرا هستند. بنابراین امروزه در بیشتر الگوریتم

های پیشنهادی، پیچیدگی زمانی یا نرخ همگرایی مقداری ثابت است (و یا فقط ها وابسته به تعداد سرخوشه یا گامها است) یا پیچیدگی ها تعداد تکرار گامها انتخاب سرخوشه در هر مرحله، محاسبه احتمال سرخوشه شدن گره ها. همچنین، برخی از الگوریتم های خوشه بندی شبکه گیرنده بی سیم از برخی الگوریتم ها زیر مجموعه ای هوش مصنوعی مانند الگوریتم ژنتیک، منطق فازی، تئوری بازی و... ودر بعضی از الگوریتم ها انتخاب تصادفی از سرخوشه که این الگوریتم ها بر روی پایه رویه های شناخته شده نیستند.

در ادامه بخش های سازماندهی شده عبارتند از: بخش ۳ بررسی الگوریتم های خوشه بندی پیشین. در بخش ۴ ارزیابی و مقایسه الگوریتم های بررسی شده در بخش ۳ (جدول شماره ۱) پرداخته اید.

بررسی تحقیقات پیشین الگوریتم های خوشه بندی

در این بخش به بررسی تحقیقات پیشین و نقدی بر دانش موجود در زمینه خوشه بندی شبکه های حسگر بی سیم می پردازیم و در پایان بر اساس معیارهای که در قسمت اول مطرح شده الگوریتم ها را با یکدیگر مقایسه می کنیم.

الگوریتم LEACH-C «خوشه بندی سلسله مراتبی متمرکز پویا با حداقل انرژی»

در مرجع پیشنهادی، با استفاده از الگوریتمی تعداد بهینه خوشه ها محاسبه می کنند و ایستگاه اصلی اطلاعاتی همچون موقعیت مکانی و سطح انرژی گره ها شبکه را جمع آوری و همچنین میانگین انرژی گره ها را حساب می کنند. بصورت چرخشی و تصادفی سرخوشه ها از بین گره های که مقدار انرژی آنها بیشتر از میانگین انرژی ها است، انتخاب می گردد. اگر اگرچه به دلیل خوشه بندی متمرکز، این الگوریتم مقیاس پذیر نیست، اما به خاطر پیچیدگی کم به قابل پیاده سازی می باشد. (هین زلمان و همکارانش، ۲۰۰۲)^۱

الگوریتم LEACH «خوشه بندی سلسله مراتبی پویا و خودسازمان دهی شونده»

در مرجع پیشنهادی تعداد سر خوشه ها ثابت و بصورت چرخشی تصادفی، موقعیت سرخوشه ها انتخاب می شود و مبنای تکنیک تجمیع (یا داده آمیزی) می باشد. داده هایی همه گره ها ترکیب و تجمیع می شود. بدین منظور، شبکه را به چندین خوشه با هماهنگ کننده محلی تقسیم می گردد. که این خوشه بندی نه تنها مقدار ارسال داده ها به ایستگاه پایه را کاهش می دهد بلکه آنها را کنترل می کند، همچنین روند مسیریابی و انتقال داده را مقیاس پذیر و قویتر می سازند. میزان انرژی تلف شده گره ها به فاصله گره ها تا ایستگاه اصلی و اندازه داده های بستگی دارد. (هین زلمان و همکارانش، ۲۰۰۰)

الگوریتم HEED «خوشه بندی توزیع شده کارا از نظر انرژی»

در این پیشنهاد خوشه بندی توزیع شده و کارا از نظر انرژی با چهار هدف اصلی مطرح شده است: ۱- افزایش طول عمر شبکه با توزیع مصرف انرژی عادلانه ۲- خوشه بندی گره ها با تعداد تکرار ثابت ۳- داده های سربار کنترل را کم کند ۴- ایجاد سرخوشه های توزیع شده فشرده. این الگوریتم متناوباً سرخوشه ها را بر اساس ترکیب دو پارامتر انرژی باقیمانده گره ها، هزینه ارتباط بین خوشه ای به شکل تابعی از مجاورت همسایه ها یا تراکم خوشه انتخاب می گردد. همچنین گره ها همگن و

^۱ Heinzelman et al.

غیرقابل شارژ هستند و همچنین از موقعیت جغرافیایی خود بی‌خبرند. (یونیس و فاهمی، ۲۰۰۴)^۲

الگوریتم UCR «مسیریابی بر پایه خوشه‌های نامساوی»^۳

در این پیشنهاد با نظر گرفتن خوشه‌های کوچکتر در نزدیکی ایستگاه اصلی، باعث افزایش طول عمر شبکه می‌گردد. در آغاز گره‌های بصورت تصادفی برای سرخوشه شدن (آزمایشی) به رقابت می‌پردازند. سپس از انتخاب سرخوشه‌های آزمایشی یک پیام حاوی انرژی باقی مانده به سرخوشه‌های همسایه ارسال می‌گردد. بنابراین اندازه خوشه‌های نزدیک به ایستگاه اصلی کوچکتری ولی تعدادشان بیشتر خواهند بود و همچنین یک مقدار پیش فرض به عنوان حداکثر فاصله از سرخوشه تا ایستگاه اصلی تعریف می‌گردد و اگر فاصله بین سرخوشه تا ایستگاه اصلی بیش از مقدار تعریف شده، باشد سرخوشه‌ها به کمک سرخوشه همسایه که فاصله تعریف شده تا ایستگاه پایه دارند، ارسال می‌کنند. این پیشنهاد دو پروتکل زیر را شامل می‌شود: (۱) توپولوژی خوشه‌بندی با تعداد گره نامساوی جهت مدیریت انرژی و افزایش طول عمر شبکه (۲) پروتکل مسیریابی حریصانه آگاه از انرژی با استفاده از موقعیت جغرافیایی. (چن و همکارانش، ۲۰۰۷)^۴

الگوریتم MRPUC «الگوریتم مسیریابی چند پرشی با خوشه‌های نامساوی»

در این پیشنهاد، گره‌ها ثابت و همگن هستند. در ابتدای گره‌ها موجود در شبکه پیامی به ایستگاه اصلی جهت مشخص کردن میزان انرژی باقیمانده، فاصله خود تا ایستگاه اصلی و همچنین شناسایی همسایگان خود ارسال می‌کند و گره‌های که انرژی بیشتری نسبت به همسایگان دارند به عنوان سرخوشه برای تجمع و ارسال داده‌های حاصل از اعضای آن خوشه به ایستگاه پایه انتخاب می‌گردد. هر گره برای پیوستن به خوشه‌ها از دو پارامتر فاصله تا سرخوشه‌ها و باقیمانده انرژی در نظر می‌گیرد. خوشه‌های که فاصله کمتری به ایستگاه پایه دارند، کوچکتر در نظر گرفته‌اند و سرخوشه‌ها که فاصله دورتری به ایستگاه پایه دارند، برای ارسال داده‌ها از گره‌های میانی کمک می‌گیرند تا نه تنها مصرف انرژی مورد نیاز برای برقراری ارتباط را کاهش دهد، بلکه بار ترافیکی را به تعادل برساند. (گانگ و همکارانش، ۲۰۰۸)^۵

الگوریتم REC «خوشه‌بندی توزیع شده کارا آگاه انرژی و منطقه‌حتم پوشش»

در این پیشنهاد، هدف کاهش مصرف انرژی با خوشه‌بندی، چگونگی انتخاب سرخوشه‌ها، نحوه سازماندهی خوشه‌ها و ارسال بهینه داده است. در این الگوریتم به منظور انتخاب بهینه سرخوشه و ارتباطات بین خوشه‌ها از معیارهای مقدار انرژی باقیمانده و تعداد گره‌های موجود در محدوده حس شده، استفاده می‌گردد. مثلاً اگر گره‌ی با انرژی زیاد اما تنها یک گره در محدوده حس قرار دارد و در مقابل گره‌ی با انرژی کمتر اما تعداد زیادی گره در محدوده حس قرار گرفته است. بادر نظر گرفتن هر دو پارامتر، گره‌ی که انرژی اش کمتری است به عنوان سرخوشه انتخاب می‌گردد. برای دسترسی به رسانه چندگانه تقسیم زمانی و اجتناب از تصادم از زمان‌بندی خواب/بیدار در خوشه‌ها استفاده می‌گردد. گره‌هایی در فواصل زمانی به عنوان گره‌های بیدار انتخاب می‌گردد، کل شبکه را تحت پوشش می‌دهد و مابقی گره‌ها در خواب به سر می‌برند، گره‌های بیدار داده‌های خود را با ارسال تک پرشی به سرخوشه ارسال کرده و سرخوشه‌ها پس از دریافت داده‌ها، آنها را جمع‌وبه ایستگاه پایه در چند پرش ارسال می‌کند. (هاسیولا و نظیر، ۲۰۱۰)^۶

² Younis and Fahmy

³ . Unequal Cluster-based Routing

⁴ Chen et al.

⁵ Gong et al.

⁶ Hasbullah and Nazir

الگوریتم CROSS «خوشه بندی گره های خودخواه با استفاده از نظریه بازی ها»

در این پیشنهاد برای خوشه بندی گره ها با هدف افزایش طول عمر شبکه بازی به صورت $G = \langle N, S, U \rangle$ تعریف شده است که N مجموعه بازیکنان، همان گره های موجود در شبکه است، S مجموعه راهبردهای که هر بازیکن می تواند، انتخاب کند. در این بازی دو راهبرد وجود دارد: گره خود را بعنوان سرخوشه معرفی کند (D) و گره خود را بعنوان سرخوشه معرفی نکند (ND)، U مجموعه توابع سودمندی بازیکنان است که با انتخاب راهبردها بدست

$$U_i(x) = \begin{cases} 0 & , \text{if } s_i = ND, \forall i \in N \\ v - c & , \text{if } s_i = D \\ v & , \text{if } s_i = ND \text{ and } \exists j \in N \text{ s.t. } s_j = D \end{cases}$$

می آورند.

که در آن پارامتر v یک مقدار بزرگ است (مثلاً سودی که با تحویل موفق داده ها به ایستگاه اصلی) و پارامتر c هزینه سرخوشه شدن است. تعادل نش برای این بازی برابر با راهبردی است که در آن یک بازیکن خود را بعنوان سرخوشه معرفی کرده باشد و بازیکن دیگر معرفی نکرده باشد یعنی دو راهبرد (D, ND) و (ND, D) . اگر سودمندی بازیکنان به N بازیکن تعمیم داده شود.

در رابطه احتمال سرخوشه شدن هر گره هر چه متغیر N یعنی تعداد بازیکنان بیشتر باشد، احتمال سرخوشه شدن گره ها کاهش می یابد و بالعکس اگر فقط یک گره در شبکه وجود داشته باشد. آن گره بعنوان سرخوشه انتخاب خواهد شد. هر گره در ابتدا با از رابطه ریاضی احتمال سرخوشه شدن خود را محاسبه می کند و در صورت سرخوشه شدن در دوره های بعد این احتمال برایش صفر در نظر گرفته می شود تا زمانی که همه همسایگانش حداقل یک بار سرخوشه شوند. در دوره جدید احتمال سرخوشه شدن خود را مجدداً بدست می آورند. (کولت سیداس و پاولیدو)^۷

الگوریتم ECPF «خوشه بندی توزیع شده آگاه از انرژی با رویکرد منطق فازی»

در این پیشنهاد، شبکه به چندین خوشه ها تقسیم می گردد و از بین گره های هر خوشه یک سرخوشه ها بصورت تصادفی با تقاضا از سوی سرخوشه فعلی انتخاب می گردد. الگوریتم انتخاب سرخوشه بصورت دوره ای در دو فاز صورت می پذیرد. فاز اول "راه اندازی" سازماندهی شبکه در خوشه ها و انتخاب سرخوشه ها آزمایشی با در نظر گرفتن پارامتر باقیمانده انرژی گره ها بعد از پذیرش تقاضا از سوی سرخوشه ها فعلی صورت می گیرد و با در نظر گرفتن دو پارامتر درجه گره و مرکزیت گره، سرخوشه های آزمایشی به سرخوشه نهایی تبدیل می گردد. فاز دوم "حالت پایدار" سرخوشه ها داده ها را به ایستگاه اصلی بر اساس پروتکل دسترسی به رسانه چندگانه تقسیم زمانی (TDMA) ارسال می کند (طاهری و همکارانش، ۲۰۱۲)^۸.

⁷ Koltsidas and Pavildou

⁸ Taheri et al.

الگوریتم EACA «خوشه بندی کارا آگاه از انرژی»

در این پیشنهاد حسگرهای درون شبکه را به خوشه هایی تقسیم نموده است و سرخوشه ها بر اساس احتمال وزنی که حاصل از پارامتر مقدار انرژی باقیمانده گره ها و فاصله گره تا گره های همسایه است، انتخاب می گردد، سرخوشه ها اطلاعات را از گره ها درون خوشه ها جمع آوری کرده است و اطلاعات تجمیع شده را به ایستگاه اصلی ارسال می کند. (برانی و همکارانش، ۲۰۱۲)

الگوریتم DCGT «خوشه توزیع شده با رویکرد نظریه بازی ها»

این پیشنهاد یک بازی در راستای افزایش طول عمر شبکه، برای انتخاب سرخوشه ها با در نظر گرفتن چهار پارامتر باقیمانده انرژی گره ها، هزینه سرخوشه، فاصله تا ایستگاه اصلی و فاصله تا گره های همسایه طراحی شده است و همچنین استراتژی ترکیبی تعادل نش برای بدست آوردن احتمال سرخوشه شدن هر گره پیش بینی گردیده است. این الگوریتم در شبکه های همگن و ناهمگن استفاده می گردد. (کریمی و همکارانش، ۲۰۱۴)

الگوریتم UHEED «خوشه بندی توزیع شده کارا آگاه از انرژی با خوشه های نامساوی»

این پیشنهاد سعی بر حل مشکل اصلی الگوریتم HEED^۹ مرگ زود راس سرخوشه های نزدیک به ایستگاه اصلی دارند. بنابراین اگر اندازه سرخوشه نزدیک به ایستگاه اصلی کوچکتر و ارتباطات درون خوشه آنها کمتر باشد، مرگ سرخوشه نزدیک ایستگاه اصلی به تعویق انداخته می شود در نتیجه، انرژی مصرفی گره های خوشه ها کمتر شده است بنابراین طول عمر شبکه افزایش می یابد.

الگوریتم LEACH-GA «خوشه بندی با استفاده از الگوریتم ژنتیک»

در این پیشنهاد انتخاب سرخوشه ها بصورت چرخشی و تصادفی موقعیت سرخوشه با انرژی بالا همانند الگوریتم خوشه بندی LEACH پیش بینی می کند و با استفاده از الگوریتم ژنتیک سعی در بهبود توپولوژی درون خوشه ها در جهت افزایش طول عمر شبکه می کند. در الگوریتم LEACH سرخوشه ها داده های خود را به صورت مستقیم به ایستگاه اصلی ارسال می کنند اما در الگوریتم پیشنهادی سرخوشه ها داده های خود را به کمک سرخوشه های همسایه به ایستگاه پایه ارسال می کنند. (لانگ و همکاران، ۲۰۱۴)^{۱۰}

الگوریتم ECBDA «خوشه بندی کارا مبتنی بر داده ادغام»

این پیشنهاد خوشه بندی در دو سطح، یعنی گره ها مطابق فاصله تا ایستگاه تقسیم شده است، گره های که دو فاصله تا ایستگاه اصلی دارند در خوشه اولیه قرار می گیرند و از بین گره های هر خوشه یک سرخوشه ها بصورت تصادفی با تقاضا از سوی سرخوشه فعلی انتخاب می گردد و خوشه ها سطح دوم گره های که در یک فاصله تا ایستگاه اصلی قرار دارند. این الگوریتم دارای چهار فاز می باشد: ۱- شکل گیری خوشه ی، شبکه را به k لایه تقسیم می شود ۲- انتخابات سرخوشه ها، یک گره از هر خوشه با در نظر گرفتن پارامترهای باقیمانده انرژی گره ها و میزان انرژی لازم جهت انتخاب سرخوشه ها ۳- جمع آوری داده ها، گره های معمولی داده ها را به سرخوشه ارسال کرده و پس تجمیع داده ها سرخوشه ها داده ها را به سرسرخوشه ها ارسال می کنند. ۴- تعمیر و نگهداری، بررسی انرژی باقی مانده سرخوشه ها که اگر انرژی باقیمانده سرخوشه ی کمتر از مقدار آستانه باشد یک سر خوشه جدید برای خوشه انتخاب می گردد. نقطه ضعف این الگوریتم، تعداد سرخوشه

⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Carrier_sense_multiple_access

¹⁰ Long et al.

ثابت فرض شده است. (رانجانی و همکارانش، ۲۰۱۲)^{۱۱}

الگوریتم DCEBC «خوشه بندی متوازن با کنترل چگالی انرژی گره ها»

در این پیشنهاد خوشه بندی برای شبکه متراکم است. در الگوریتم DCEBC، گره حسگر با انرژی باقی مانده بیش از مقدار آستانه در حال تبدیل شدن سرخوشه. مقدار آستانه متغیر برای هر دور است و آن را به چگالی خوشه است. بنابراین، برای مناطق متراکم، مقدار آستانه بالاتر از مناطق با تراکم پایین تر است. پس از آن، تعداد سرخوشه در مناطق متراکم انتخاب بیش از آنهایی که دیگر. (گوپتا و همکارانش، ۲۰۱۲)^{۱۲}

الگوریتم NDBC «خوشه بندی کارا با درجه گره ها»

در این پیشنهاد، خوشه بندی توزیع شده که انرژی اولیه از همه گره ها برابرند. هدف اصلی از این مقاله محاسبه تعداد بهینه خوشه ها براساس تعداد گره موجود در شبکه است. در این الگوریتم در اوایل دوره سرخوشه ها براساس تراکم گره های همسایه انتخاب می گردد و از دوره دوم بعد اگر باقیمانده انرژی سرخوشه از کمتر مقدار آستانه پیش فرض کمتر باشد، سرخوشه جدید از بین گره های خوشه با در نظر گرفتن سطح انرژی اش انتخاب می گردد. (گوپتا و همکارانش، ۲۰۱۲)

الگوریتم خوشه بندی برای بدست آوردن حداکثر طول عمر شبکه حسگر بی سیم

در این پیشنهاد خوشه بندی، احتمال سرخوشه شدن هر گره را براساس پارامتر باقیمانده انرژی و متوسط انرژی گره های شبکه محاسبه می کند. تعداد سرخوشه ها بصورت پیش تعریف شده است. گره معمولی به خوشه ی که مصرف انرژی کمتر برای انتقال داده ها نیاز دارد، می پیوندد. همه سرخوشه برای انتقال داده از درخت پوشا استفاده می کنند. (ملتهی و همکاران، ۲۰۱۲)^{۱۳}

جهانی U-LEACH

این پیشنهاد خوشه بندی توزیع شده با تعداد ثابت از خوشه ها تشکیل شده است برای مشخص کردن تعداد پارتیشن مختصات X شبکه را به یک عدد ثابت تقسیم می کند و هر پارتیشن گره ها فقط یک گره خوشه در نظر گرفته می شود و گره ای که نسبت باقیمانده انرژی / انرژی اولیه بیشتری دارد به عنوان سرخوشه انتخاب می گردد. همانطور که قبلا اشاره، تعداد ثابت خوشه ها یک نقطه ضعف برای این الگوریتم است. (کومارو میشر، ۲۰۱۲)^{۱۴}

الگوریتم HSEP «خوشه بندی سلسله مراتبی»

در این پیشنهاد احتمال سرخوشه شدن بر اساس پارامترهای نسبت باقیمانده انرژی برانرژی اولیه هر گره مشخص می گردد و بنام سرخوشه اولیه معرفی می گردد. سرخوشه های اولیه با محاسبه فاصله خود تا همسایگان تبدیل به سرخوشه ثانویه می گردد. هر سرخوشه اولیه داده های تجمیع و به سرخوشه ثانویه ارسال می کند و در نهایت سرخوشه ثانویه داده ها را به ایستگاه اصلی ارسال می کند. از آنجا که یک گره سرخوشه ثانویه متعلق به بیش از یک سرخوشه های اولیه باشد، برای انتقال اطلاعات از سرخوشه ها از TDMA استفاده می گردد. (خان و همکارانش، ۲۰۱۲)^{۱۵}

الگوریتم EADC «خوشه بندی چند سطحی آگاه از انرژی»

¹¹ Ranjani et al.

¹² Gupta et al.

¹³ Malathi et al.

¹⁴ Kumar and Mishra

¹⁵ Khan et al.

در این پیشنهاد گره‌های همگن و از مکان جغرافیایی خود باخبرند. گره‌ها براساس پارامترهای باقیمانده انرژی گره‌ها و فاصله تا همسایگان برای سرخوشه شدن خود تصمیم‌گیری می‌کنند و گره‌های معمولی به خوشه‌های که فاصله کمتری نسبت به سرخوشه‌ی دارد، می‌پیوندند. هر سرخوشه، خوشه‌ها براساس میزان باقیمانده انرژی تعدادی از خوشه‌ها را بعنوان اعضای می‌پذیرند بنابراین سرخوشه‌ها از یک درخت مسیریابی برای جستجوی کمترین فاصله از سرخوشه تا ایستگاه پایه استفاده می‌کنند و اگر فاصله سرخوشه تا ایستگاه پایه از مقدار آستانه کمتر باشد، آن را به عنوان سرخوشه ثانویه و در غیر اینصورت به عنوان سرخوشه اولیه (سرخوشه خوشه‌ها) اعلام می‌کند. همچنین معیارهای انتخاب سرخوشه خوشه‌ها باقیمانده انرژی، کمترین اعضا خوشه و کمترین فاصله بین ایستگاه اصلی و خوشه‌ها است. (یو و همکارانش، ۲۰۱۲)^{۱۶}

الگوریتم در جهت بهبود الگوریتم LEACH شبکه‌های حسگر بی سیم

این پیشنهاد براساس الگوریتم LEACH-C سعی به محاسبه تعداد بهینه سرخوشه‌ها و پیکربندی دورن خوشه و احتمال انتخاب سرخوشه گره‌ها را براساس الگوریتم LEACH محاسبه می‌کند. اگر تعداد اعضای یک خوشه از مقدار آستانه کمتر شد، خوشه‌ای تشکیل نمی‌گردد، گره‌ها در فاصله زمانی مشخص منتظر معرفی سرخوشه دیگر می‌مانند. اگر در آن مدت زمان هیچ سرخوشه‌ی ش‌اعلام آمادگی نکرد، گره‌ها اطلاعات خود را مستقیماً به ایستگاه پایه ارسال می‌کند. با ورود گره جدید، بر اساس تعداد گره‌های معمولی خوشه‌ها و میزان انرژی مصرفی در هر دوره سرخوشه متناسب انتخاب می‌گردد. در صورتی که تعداد دور از تعداد اعضای خوشه بیشتر باشد، سرخوشه دیگری مشخص می‌گردد. در غیر اینصورت گره‌ها داده‌های خود را به سرخوشه انتخابی ارسال می‌کند (تائو و همکارانش، ۲۰۱۱)^{۱۷}

الگوریتم LEACH-SC «خوشه بندی مبتنی بر فاصله مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی سیم»

این پیشنهاد بر پایه الگوریتم LEACH سرخوشه‌ها را انتخاب می‌کند و تنها تفاوتش نحوه پیوستن گره‌ها به سرخوشه، است. در الگوریتم LEACH گره‌ها به نزدیک‌ترین سرخوشه می‌پیوندند و الگوریتم پیشنهادی گره‌ها به خوشه‌های که بیشتر از متوسط فاصله سرخوشه تا ایستگاه پایه دارد، می‌پیوند و طبق ارزیابی‌های انجام شده این الگوریتم دارای عملکرد بهتری می‌باشد (دبلیو ژوئن، زهرا شین، ۲۰۱۰)

الگوریتم LEACH-D «خوشه بندی شبکه‌های حسگر بی سیم تلفن همراه با قابل اطمینان بیشتر»

این پیشنهاد بر پایه الگوریتم LEACH است. تنها و احتمال سرخوشه شدن هر گره براساس دو پارامتر نسبت باقیمانده انرژی بر انرژی اولیه گره‌ها در زمان شروع و همچنین نسبت درجه گره بر متوسط درجه گره‌های شبکه سنجش می‌گردد. بنابراین گره‌های که باقیمانده انرژی و تراکم بیشتری دارند شانس بسیاری برای یک سرخوشه شدن دارند. شعاع خوشه (اندازه) برای گره‌های مختلف تعریف می‌گردد و خوشه‌های نزدیکی به ایستگاه اصلی کوچکتر و خوشه دورتر بزرگتر در نظر گرفته‌اند. اگر گره معمولی در محدوده بیش از یک سرخوشه قرار گیرند سرخوشه‌ی که انرژی بیشتری نسبت به دیگران دارند، انتخاب می‌گردد و از الگوریتم دیکسترا برای پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر جهت انتقال داده به ایستگاه اصلی استفاده می‌شود (لیو و همکارانش، ۲۰۱۰)^{۱۸}.

الگوریتم ACHTH-LEACH «تطبیق سر خوشه با دو سطحی الگوریتم LEACH»

در این پیشنهاد اگر فاصله خوشه‌ها تا ایستگاه اصلی کمتر از مقدار آستانه باشد به خوشه‌های نزدیک خوشه بندی تک سطحی و در غیر این صورت، به خوشه‌های دورتر خوشه بندی دو سطحی گویند. گره‌ی در هر خوشه که باقیمانده انرژی بیشتری دارد به عنوان سرخوشه معرفی می‌گردد. در هر دور سرخوشه‌ها، داده‌ها را جمع‌آوری کرده و بصورت مستقیم یا به کمک سرخوشه‌های همسایه به ایستگاه پایه ارسال می‌کند و از الگوریتم حریمانه برای مسیریابی استفاده می‌شود. (گوا و

¹⁶ Yu et al.

همکارانش، ۲۰۱۰)

الگوریتم MR-LEACH «خوشه بندی چند سطحی»

در این پیشنهاد الگوریتم خوشه بندی توزیع شده، شبکه را به لایه های تقسیم بندی می کند، گره ها در لایه اول با یک پرش به ایستگاه اصلی و گره های لایه دوم در دو پرش به ایستگاه اصلی ارسال می شود در هر لایه، گره با انرژی بیشتری نسبت به همسایگان خود به عنوان سر خوشه انتخاب می گردد و سرخوشه ها به کمک سرخوشه های لایه بالاتر اطلاعات را جمع و به ایستگاه اصلی ارسال می کنند. (فاروق، ۲۰۱۰)^{۱۹}

الگوریتم WST-LEACH «خوشه بندی با استفاده از درخت پوشا»

این پیشنهاد همانند الگوریتم LEACH بصورت احتمالی و چرخشی سرخوشه ها را انتخاب می کنند. اما در این الگوریتم در ابتدا به هر گره وزنی بر اساس پارامترهای باقیمانده انرژی، انرژی اولیه، تعداد کل گره ها موجود در شبکه، تعداد همسایه ها، فاصله تا ایستگاه پایه محاسبه و اختصاص داده می شود و هرچه وزن گره ها بیشتر باشد، درصد انتخاب بعنوان سرخوشه زیادتر می گردد. با استفاده از الگوریتم درخت پوشا داده های را به سرخوشه و ایستگاه اصلی ارسال می گردد (ژانگ و همکارانش، ۲۰۱۰)^{۲۰}.

الگوریتم GEEC «وزن درخت پوشا»

در پیشنهاد با توجه به مصرف زیاد انرژی برای انتقال داده ها سعی به ارائه الگوریتم مسیر یابی نموده اند. یک بازی برای انتخاب سرخوشه ارائه شده است و پس از آن، یک بازی هم برای مسیریابی کارآمد خوشه مسیریابی مدل شده است. که نتایج حاصل از این دوبازی بهبود های قابل توجهی در تعادل مصرف انرژی و همچنین طول عمر شبکه شده است. (یو یوان وانگ، ۲۰۱۶)

الگوریتم H-LEACH

در این پیشنهاد بر پایه الگوریتم LEACH است سعی به حل مشکلات این الگوریتم دارند. لذا معیارهای در انتخاب سرخوشه همچون باقیمانده انرژی گره ها و حداکثر تعداد گره، حداقل سطح آستانه انرژی در هر دور در نظر گرفته اند. در نهایت به ارزیابی و بررسی طول عمر شبکه حسگر بی سیم الگوریتم پیشنهادی با دو الگوریتم LEACH، HEED پرداخته اند و افزایش طول عمر شبکه حسگر بی سیم توسط این دو الگوریتم ثبت شده است. (عبدالرضایی و همکارانش، ۲۰۱۶)

بحث و نتیجه گیری

یکی از چالش های اصلی شبکه حسگر بی سیم محدود بودن انرژی گره ها است. بنابراین از پروتکل های مسیریابی مبتنی بر خوشه بندی از طریق تقسیم گره های همسایه به خوشه های مجزا و انتخاب سرخوشه های محلی برای ترکیب و ارسال اطلاعات هر خوشه به ایستگاه اصلی و سعی در مصرف متوازن انرژی توسط گره های شبکه، بهترین کارایی را از لحاظ افزایش طول عمر و حفظ پوشش شبکه ای در مقایسه با سایر روش های مسیریابی به دست می آورند در این مقاله، سعی به بررسی دقیق الگوریتم های خوشه بندی مطرح شده در سالهای اخیر بر اساس پارامترهای همچون باقیمانده انرژی، فاصله تا ایستگاه اصلی، چگالی گره ها و سایر پارامترهای دیگر که در انتخاب سرخوشه اثر مستقیم در جهت کاهش مصرف انرژی گره ها دارند، کرده ایم. در

¹⁷ Tao et al.¹⁸ Liu et al.¹⁹ Farooq²⁰ Deyu and Wang

همچنین احتمال سرخوشه بودن هر گره بر اساس هیچ، یک یا بیشتر از یکی پارامترهای در نظر گرفته ایم. به نظر می رسد الگوریتم های خوشه بندی با تعداد و اندازه متغییر کاهش مصرف انرژی بیشتری نسبت به آنهایی که تعداد و اندازه ثابت داشته اند، دارند. چرا که با گذشت زمان، برخی از گره می میرند. بنابراین، مقدار ثابت برای تعداد و اندازه خوشه ها مطلوب نیست. مقایسه بین الگوریتم های مختلف توزیع و ترکیبی خوشه بندی در جدول ۱ نشان داده شده است .

جدول شماره ۱ : مقایسه بین الگوریتم های مختلف توزیع و ترکیبی خوشه بندی

ش خوشه بندی	معماری اجرا	انرژی اولیه	ها*	تراکم*	تخمین صحت*	پوشش*	شبکه*	آقیمانده	انرژی*	ایستگاه	سرخوشه	سرخوشه	مربانی	آگاهی از مکان	برابر	سرخوشه	داخل	خوشه ها**	ها**	ناهمگن	MAC	الگوریتم***	الگوریتم***
LEACH-C[10]	C						X						2	Y	E	F	1	1	V	H M	T	LO W	R N
LEACH[11]	D												2	N	E	V	1	1	V	H M	T	LO W	R N
HEED[12]	H			X			X						2	N	E	V	1	1	V	H M	N M	high	-
UCR[8]	D						X						M	Y	U	V	1	M	V	H M	T	LO W	-
MPRUC[13]	D						X						M	N	U	V	1	M	V	H M	T	LO W	-
REC[14]	D				X		X						M	N	E	V	1	M	V	H M	T	LO W	-
CROSS[15]	D										X		2	N	E	V	1	1	V	H M	T	LO W	G T
ECPF[16]	D	X	X				X						M	N	E	V	1	M	V	H M	T	med L	F L
EACA[17]	D						X		X	X			2	Y	E	V	1	M	V	H M	N M	LO W	-
DCGT[18]	D						X	X	X	X	X		2	N	E	V	1	M	V	H M - H T	T	LO W	G T

جدول شماره ۲: مقایسه بین الگوریتم های مختلف توزیع و ترکیبی خوشه بندی

روش خوشه بندی	معیار اجرا	انرژی اولیه	محوریت گره	تراکم*	منطقه تحت پوشش*	متوسط انرژی	متوسط انرژی باقیمانده انرژی*	فاصله تا	فاصله تا	هزینه سر خوشه	سطح سلسله	آگاهی از مکان	خوشه بندی	تعداد دفعات	توپولوژی داخل	توپولوژی بین	اندازه خوشه	گره های ناهمگن	لایه ارتباطات	پیچیدگی	نوع
LEACH-C[10]	C					X					2	Y	E	F	1	1	V	H M	T	LO W	R N
LEACH[11]	D										2	N	E	V	1	1	V	H M	T	LO W	R N
HEED[12]	H		X			X					2	N	E	V	1	1	V	H M	N M	high	-
UCR[8]	D					X					M	Y	U	V	1	M	V	H M	T	LO W	-
MPRUC[13]	D					X					M	N	U	V	1	M	V	H M	T	LO W	-
REC[14]	D				X	X					M	N	E	V	1	M	V	H M	T	LO W	-
CROSS[15]	D								X		2	N	E	V	1	1	V	H M	T	LO W	G T
ECPF[16]	D	X	X			X					M	N	E	V	1	M	V	H M	T	med	F L
EACA[17]	D					X		X	X		2	Y	E	V	1	M	V	H M	N M	LO W	-
DCGT[18]	D					X	X	X	X	X	2	N	E	V	1	M	V	H M - H T	T	LO W	G T

روش خوشه بندی	معماری اجرا	انرژی اولیه	محدوریت گره	ت.ت. *	منطقه تحت	متوسط انرژی	متوسط انرژی	پایبندیه	فاصله تا	فاصله تا	هرینه	سطح سلسله	آزادی از مکان	خوشه بندی	تعداد دفعات	توپولوژی	توپولوژی بین	انرازه خوشه	گره های	لایه ارتباطات	بجیدگی	نوع
UHEED[19]	H		X			X						M	N	U	V	I	M	V	H M	N M	high	-
LEACH-GA[20]	D											M	N	E	V	M	M	V	H M	T	high	R N
ECBDA[21]	D					X		X				M	N	E	F	I	M	F	H M	T	LOW	-
DCEBC[22]	D					X						M	N	E	V	I	M	F	H M	N M	med	-
NDBC[23]	D		X			X						M	N	E	V	M	M	V	H M	T	med	-
[24]	D											M	N	E	F	I	M	V	H M	C S M A C D	LOW	-
U-LEACH[25]	D	X					X					M	Y	E	F	I	M	V	H T	N M	LOW	-
HSEP[26]	D						X					M	N	E	V	I	M	V	H T	T D M A	LOW	-
EADC[27]	D					X	X					M	N	E	V	I	M	V	H T	N M	LOW	-
[28]	D											M	N	E	V	I	M	V	H T	T D M A	LOW	R N

Distributed (D)-Centralized(C)-Hybrid(H)-Equal(E)-Unequal()-Not Mentioned(NM)-Vanable (V)- Fix(F) Homogeneous (HM)-Heterogeneous(HT)- Random(RN)-Game Theory(GT)-Fuzzy Logic(FL)-Multi()-TDMA(T)

*The parameters used for CHs selection

**Clustering properties

***Algorithm properties

منابع

1. I.F. Akyildiz and M.C. Vuran, "Wireless Sensor Networks, " Wiley, 2010.
2. X. Liu, "A Survey on Clustering Routing Protocols in Wireless Sensor Networks", Sensors, August 9, vol. 12 (8) pp. 11113-11153, 2012
3. S.D. Muruganathan, D.C.F. Ma, R.I. Bhasin, A.O. Fapojuwo, "A Centralized Energy-Efficient Routing Protocol for Wireless Sensor Networks," IEEE, Communication Magazine, vol. 43, (3) pp. 8-13, 2005.
4. E. Saeedian, M. Jalali, M.M. Tajari, M.N. Torshiz, G. Tadayon, "CFGA: Clustering wireless sensor network using fuzzy logic and genetic algorithm," Proceedings of 7th IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), September 23-25, Wuhan, 2011, pp. 1-4.
5. S. Bayraklı and S.Z. Erdogan, "Genetic Algorithm Based Energy Efficient Clusters (GABEEC) in Wireless Sensor Networks," Elsevier, Journal of Procedia Computer Science, vol. 10, pp. 247-254, 2012.
6. [6] G. Ahmed, N.M. Khan, Z. Khalid, R. Ramer, "Cluster Head Selection Using Decision Trees for Wireless Sensor Networks," IEEE, International Conference on Intelligent Sensors Sensor Networks and Information Processing, December 15-18, Sydney, NSW, 2008, pp. 173-178.
7. K. Lee, J. Lee, H. Lee, Y. Shin, "A Density and Distance based Cluster Head Selection Algorithm in Sensor Networks," IEEE, 12th International Conference on Advanced Communication Technology, February 7-10, Phoenix Park, vol. 1, 2010, pp. 162-165.
8. G. Chen, C. Li, M. Ye, J. Wu, "An unequal cluster-based routing protocol in wireless sensor networks," Springer, Journal of Wireless Networks, vol. 15, (2) pp. 193-207, 2007.
9. http://en.wikipedia.org/wiki/Carrier_sense_multiple_access_with_collision_detection
10. W.B. Heinzelman, P. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "An Application-Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 1, (4) pp. 660-670, 2002.
11. W.R. Heinzelman, A. Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences IEEE, January 4-7, Hawaii, vol. 8, 2000, pp. 8020-8030.
12. O. Younis and S. Fahmy, "HEED: A Hybrid, Energy-Efficient, Distributed Clustering Approach for Ad-hoc Sensor Networks," IEEE, Journal of Mobile Computing, vol. 3, (4) pp. 366-379, 2004.
13. B. Gong, L. Li, S. Wang, X. Zhou, "Multihop Routing Protocol with Unequal Clustering for Wireless Sensor Networks," IEEE Journal of Computing, Communication, Control, and Management, August 3-4, Guangzhou, vol. 8, 2008, pp. 552-556.
14. H. Hasbullah and B. Nazir, "Region-based Energy-aware Cluster (REC) for Efficient Packet Forwarding in WSN," IEEE International Symposium in Information Technology, June 15-17, Kuala Lumpur, vol. 3, 2010, pp. 1-6.
15. G. Koltsidas and F.N. Pavildou, "A Game Theoretical Approach to Clustering of Ad-Hoc and Sensor Networks," Springer, Journal of Telecommunication Systems, vol. 47, pp. 81-93, 2011.

16. H. Taheri, P. Neamatollahi, O.M. Younis, S. Naghibzadeh, M.H. Yaghmaee, "An energy-aware distributed clustering protocol in wireless sensor networks using fuzzy logic," Elsevier, Journal of Ad Hoc Networks, vol. 10, (7) pp. 1469- 1481, 2012.
17. H. Barati, A. Movaghar, A.M. Rahmani, A. Sarmast, "A Distributed Energy Aware Clustering Approach for Large Scale Wireless Sensor Network," International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), vol. 4, (13-4) pp. 125-132, 2012.
18. N.B. Karimi, S.N. Razavi, H.S. Aghdasi, "Distributed Clustering in Wireless Sensor Networks Using A Game Theoretical Approach," International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), vol. 6, (18-1), pp. 1-8, 2014.
19. E. Ever, R. Luchmun, L. Mostarda, A. Navarra, P. Shah, "UHEED-An Unequal Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks," SENSORNETS, pp. 185-193, 2012.
20. C. Long, X. Zhou, S. Liao, N. Zhang, "An Improved LEACH Multi-hop Routing Protocol Based on Genetic Algorithms for Heterogeneous Wireless Sensor Networks," Journal of Information & Computational Science, vol. 11, (2) pp. 415- 424, 2014.
21. S.S. Ranjani, S.R. Krishnan, C. Thangaraj, "Energy-Efficient Cluster Based Data Aggregation for Wireless Sensor Networks," IEEE, International conference on Recent Advances in Computing and Software Systems (RACSS), April 25-17, Chennai, 2012, pp. 174-179.
22. S.K. Gupta, N. Jain, P. Sinha, "Density Control Energy Balanced Clustering Technique for Randomly Deployed Wireless Sensor Network," IEEE, 9th International on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN), September 20-22, Indore, 2012, pp. 1-5.
23. S.K. Gupta, N. Jain, P. Sinha, "Node Degree based Clustering for WSN," International Journal of Computer Applications, vol. 40, (16) pp. 49-55, 2012.
24. L. Malathi, M.K. Chandrasekaran, R.K. Gnanamurthy, "A Novel Routing Protocol With Lifetime Maximizing Clustering Algorithm for WSN," IEEE, India Conference (INDICON), December 7-9, Kochi, 2012, pp. 925-930.
25. N. Kumar, Sandeep, P. Bhutani, P. Mishra, "U-LEACH: A Novel Routing Protocol for Heterogeneous Wireless Sensor Networks," IEEE, International Conference on Communication, Information & Computing Technology (ICCICT), October 19-20, Mumbai, India, 2012, pp. 1-4.
26. A.A. Khan, N. Javaid, U. Qasim, Z. Lu, Z.A. Khan, "HSEP: Heterogeneity- aware Hierarchical Stable Election Protocol for WSNs", 2012.
27. J. Yu, Y. Qi, G. Wang, X. Gu, "A cluster-based routing protocol for wireless sensor networks with nonuniform node distribution," International Journal of Electronics and Communications, pp. 54-61, 2012.
28. L. Tao, Z. Qing-Xin, Z. Luqiao, "An Improvement for LEACH Algorithm in Wireless Sensor Network," IEEE, 5th conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), June 15-17, Taichung, 2011, pp. 1811-1814.
29. W. Jun, Z. Xin, X. Junyuan, M. Zhengkun, "A Distance-based Clustering Routing Protocol in Wireless Sensor Networks," IEEE, 12th IEEE International Conference on Communication Technology (ICCT), November 11-14, Nanjing, 2010, pp. 648-651.
30. Y. Liu, Z. Luo, K. Xu, L. Chen, "A Reliable Clustering Algorithm base on LEACH Protocol in Wireless Mobile Sensor Networks," IEEE, International Conference on

- Mechanical and Electrical Technology (ICMET), September 10-12, Singapore, 2010, pp. 692-696
31. S. Bo, Z. Shiyong, Z. Yipping, "Cluster-Based Routing Protocol for Wireless Sensor Networks," *journal of software*, vol. 17, (7), 2006.
 32. L.Q. Guo, Y. Xie, C.H. Yang, Z.W. Jing, "Improvement On Leach By Combining Adaptive Cluster Head Election And Two-Hop Transmission," *IEEE, 9th International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, July 11-14, Qingdao, 2010, pp. 1678-1683.
 33. P. Berkhin, "Survey of Clustering Data Mining Techniques," *Springer, Grouping Multidimensional Data*, pp. 25-71, 2006.
 34. M.O. Farooq, A.B. Farooq, G.A. Shah, "MR-LEACH: Multi-hop Routing with Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy," *IEEE, Fourth International Conference on Sensor Technologies and Applications*, July 18-25, Venice, 2010, pp. 262-268.
 35. H. Zhang, P. Chen, S. Gong, "Weighted Spanning Tree clustering routing algorithm based on LEACH" *IEEE, And International Conference on Future Computer and Communication (ICFCC)*, May 21-24, Wuhan, vol. 2, 2010, pp. V2-223-V2-227.
 36. Deyu Lin Quan Wang, "A game theory based energy efficient clustering routing protocol for WSNs"
 37. Springer Science+Business Media, School of Computer Science and Technology, Xidian
 38. University, No. 2, South Taibai Road, Yanta District, Xi'an, Shannxi, China, New York 2016
 39. Abdul Razaque, Satwic Mudigulam, Kiran Gavini, Fathi Amsaad, "H-LEACH: Hybrid-low energy adaptive clustering hierarchy for wireless sensor networks", *Department of Electrical and Computer Engineering, IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT)*, 29-29 April 2016