مجله علمی-پژوهشی رایانش نرم و فن‌آوری اطلاعات

جلد ۵، شماره ۳، پاییز سال ۱۳۹۵ شاپا: ۱۰۰۶-۲۳۸۳

به کارگیری الگوریتم بهینه سازی PSO به منظور بهبود طول عمر شبکه‌های حسگر بیسیم

سمانه پوست‌فروشان*[۱]، مهدی آقا صرام[۲]

*۱- نویسنده مسئول: دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه یزد،یزد، samaneh.poostfroshan@gmail.com

۲- دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه یزد، یزد، mehdi.sarram@yazduni.ac.ir

چکیده- از آنجایی‌که در شبکه‌های حسگر بیسیم (WSN) یک ساختار ثابت یا مدیریت متمرکز وجود ندارد، انتخاب تعدادی از حسگرها برای تشکیل یک مجموعه غالب همبند (CDS) به عنوان ستون‌فقرات مجازی بسیار کارآمد است. در این مقاله، مساله مجموعه غالب همبند با حداقل وزن و محدودیت درجه (DC-MWCDS) برای ساخت ستون‌فقرات کارآمد انرژی در WSN به‌کار برده شده است. مساله DC-MWCDS، CDSای با کمترین وزن و محدودیت درجه برروی گراف شبکه ایجاد می‌کند. هدف این مقاله پیدا کردن محدودیت درجه و انرژی برای گره‌های مجموعه غالب (DS) به منظور افزایش طول عمر شبکه است. در اینجا به منظور بیشینه ساختن طول عمر شبکه، با استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی دسته ذرات (PSO) ضریب حداقل انرژی و حداکثر درجه گره‌ها را پیدا کرده و در هنگام انتخاب گره‌های DS، گره‌هایی که انرژی باقیمانده‌شان کمتر از حاصلضرب ضریب به دست آمده در میانگین انرژی گره‌های شبکه و یا درجه‌شان بیشتر از حاصلضرب ضریب حاصل در درجه بیشینه شبکه باشد، نمی‌توانند در این رقابت شرکت نمایند. همان‌طور که در شبیه‌سازی‌ها ارائه خواهد شد، الگوریتم پیشنهادی، توانسته است نسبت به روش‌های مشابه طول عمر شبکه را تا حد زیادی بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: ستون‌فقرات شبکه، مدل UDG، شبکه حسگر بیسیم، الگوریتم بهینه‌سازی PSO،DC-MWCDS .

۱- مقدمه

امروزه به علت کاربردهای بسیار وسیعی که شبکه‌های حسگر بیسیم (WSN[۱]) دارند، تحقیقات زیادی بر روی این شبکه‌ها متمرکز شده است. شبکه‌های حسگر بیسیم، دسته‌ای از شبکه‌های ویژه[۲] هستند که از صدها و یا هزاران گره حسگر بیسیم تشکیل شده‌اند. از بزرگترین چالش‌های مربوط به این شبکه‌ها می‌توان به محدودیت منابع، نبود زیرساخت ثابت و توپولوژی پویا اشاره کرد. جهت انجام کارآمد بسیاری از عملیات در شبکه‌های حسگر بیسیم از جمله ارتباطات چند پرشی[۳]، نظارت بر محیط[۴] و پخش فراگیر[۵] داده و مسیریابی[۶]، انتخاب تعدادی از حسگرها برای تشکیل یک مجموعه غالب همبند[۷](CDS) به عنوان ستون‌فقرات مجازی بسیار مطلوب می‌باشد. تشکیل ستون‌فقرات بر پایه CDS به دست آمده از گراف شبکه راهکاری است که در دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است[۱].

Li و همکارانش در [۲] الگوریتم حریصانه‌ای برای تشکیل CDS براساس مجموعه مستقل ماکزیمال (MIS)[۸] ارائه داده‌اند. این الگوریتم از دو مرحله تشکیل شده‌است. در مرحله اول MIS گراف شبکه تشکیل شده و در مرحله دوم با استفاده از درخت اشتاینر[۹] گره‌های MIS به یکدیگر متصل می‌گردند. الگوریتم دیگری که بر پایه هرس می‌باشد، الگوریتم تشکیل CDS ارائه شده توسط Butenko[۳] است. این الگوریتم ابتدا CDS بزرگی از گراف شبکه ایجاد کرده و سپس گره‌های اضافی را تا زمانی که گراف متصل باقی بماند، حذف می‌کند. دو الگوریتم تشکیل ستون‌فقرات برپایه CDS با پیچیدگی زمانی خطی توسط Cheng و همکارانش [۴]

[1] Wireless sensor network
[2] Ad-hoc
[3] Multi-hop communication
[4] Area monitoring
[5] Broad cast
[6] Routing
[7] Connected dominating set
[8] Maximal independent set
[9] Steiner

www.SID.ir

Archive of SID

برای شبکه‌های ویژه بیسیم چند پرشی[1] ارائه شد. Paul و همکارانش نیز الگوریتم نسبتا توزیع شده برپایه درخت برای پیدا کردن MCDS در شبکه‌های ویژه بدون استفاده از موقعیت جغرافیایی پیشنهاد دادند. آنها اثبات کردند که پیچیدگی زمانی و پیچیدگی پیام روش پیشنهادی‌شان O(n) و O(nlogn) می‌باشد. اکبری ترکستانی و میبدی [۵] الگوریتمی هوشمند برای ساخت ستون‌فقرات بر پایه CDS برای شبکه‌های ویژه بیسیم معرفی کردند. در هر تکرار این الگوریتم، CDS شبکه ساخته می‌شود و اندازه آن با حد آستانه‌ای که به صورت پویا تعیین می‌شود، مقایسه می‌گردد. در صورتی که CDS ساخته شده، کوچکترین CDS ساخته شده تا آن زمان باشد مورد قبول واقع می‌شود و در غیر این صورت در نظر گرفته نمی‌شود. آقای ترکستانی در [۶] نیز الگوریتمی برای ساخت ستون‌فقرات کارآمد انرژی با محدودیت تاخیر ارائه شده است.در الگوریتم، مساله ساخت ستون‌فقرات کارآمد انرژی با محدودیت تاخیر به کمک (DC-MWCDS)[2] مدل شده است. این الگوریتم که الگوریتمی اکتشافی بر پایه تئوری یادگیری ماشین (آتوماتا یادگیری)[3] می‌باشد، دارای زمان اجرایی برابر $\frac{1}{1-\varepsilon}$ ستون‌فقرات بهینه گراف شبکه می‌باشد. در [۷] الگوریتمی به نام EVBT ارائه شده است. در این الگوریتم، گره چاهک یک بسته درخواست به نام BCR را به صورت همه‌پخشی ارسال می‌کند. گره‌هایی که این بسته را دریافت می‌کنند، پارامتر تاخیر زمانی را ($\mathbf{t_d}$) محاسبه می‌نمایند. سپس گره‌ها به اندازه $\mathbf{t_d}$ صبر می‌کنند. اگر در این بازه زمانی گره، بسته BCR دیگری را دریافت نکرد، به عنوان ستون‌فقرات انتخاب خواهد شد. در صورت دریافت بسته BCR دیگر، این گره به عنوان عضوی از ستون‌فقرات انتخاب نخواهد شد و نزدیک‌ترین گره به خود را به عنوان والد انتخاب خواهد کرد. انتخاب نزدیک‌ترین گره به عنوان بخشی از ستون‌فقرات، سرباز محاسباتی زیادی را ایجاد نمی‌کند. اما این انتخاب نمی‌تواند کوتاه‌ترین مسیر به گره چاهک را پیدا کند. الگوریتم ارائه شده در [۸] کوتاه‌ترین مسیر به گره چاهک را برای هر گره ستون‌فقرات پیشنهاد می‌دهد. این الگوریتم، این کار را از طریق اضافه کردن پارامتر فاصله به بسته‌های BCR انجام می‌دهد. Suganthi و همکارانش در [۹] الگوریتم ساخت ستون فقرات مجازی با قابلیت تحمل خطا را ارائه کرده‌اند. در این الگوریتم، انرژی باقیمانده گره‌ها در انتخاب گره‌های ستون‌فقرات در نظر گرفته شده است. این مساله باعث افزایش طول عمر شبکه می‌شود.در [۱۰] در تشکیل ستون‌فقرات شبکه از مساله مجموعه غالب همبند با محدودیت درجه بهینه (OMCDS)[4] استفاده شده است. هدف این الگوریتم کمینه کردن وزن CDS ساخته شده و پیدا کردن محدودیت درجه بیشینه به صورت همزمان می‌باشد. وزن اختصاص داده شده به گره‌ها معادل انرژی باقیمانده آن‌هاست. این مقاله با استفاده از آتوماتا یادگیری، تعادلی بین تاخیر ستون‌فقرات و طول عمر آن ایجاد می‌نماید. . راعی و همکارانش در [۱۱] یک الگوریتم توزیع شده آگاه از انرژی برای مسئله MCDS در مدل UDG[5] ارائه کرده است. این الگوریتم که EA-MCDS-UDG نام دارد، دارای پیام O(n) و پیچیدگی زمانی O(n) می‌باشد. الگوریتم از یک وزن ترکیبی شامل انرژی و درجه برای هر گره استفاده می‌کند و سپس به وسیله یک زمان‌سنج هر گره با بالاترین وزن را مشخص کرده و به عنوان عضوی از CDS انتخاب می‌کند. اکبری ترکستانی در [۱] راهکار جدیدی برای مساله تشکیل ستون‌فقرات بر پایه مجموعه غالب ارائه کرده است. در این روش نیز مساله ستون‌فقرات کارآمد انرژی با محدودیت تاخیر به کمک مساله مجموعه غالب همبند با محدودیت درجه و حداقل وزن مدل می‌شود، سپس با استفاده از الگوریتم اکتشافی برپایه آتوماتا یادگیری، CDS مورد نظر تشکیل می‌شود.

اغلب روش‌های قدیمی‌تر ساخت ستون‌فقرات بر پایه CDS بر روی کمینه کردن اندازه ستون‌فقرات ساخته شده تمرکز دارند [۱]. نشان داده شده است که ستون‌فقرات با اندازه کوچک باعث کاهش متوسط تعداد پرش‌ها[6] و سرآیند پیام[7] می‌شود [۱]. بزرگترین مشکل در CDS با اندازه کمینه این است که با کاهش اندازه CDS درجه گره‌های آن افزایش می‌یابد (درجه هر گره تعداد همسایه‌های زنده آن گره می‌باشد). هر گره ستون‌فقرات وظیفه پاسخ‌گویی به درخواست‌های همسایه‌های خود را دارد. بنابراین، بزرگ بودن درجه گره‌های ستون‌فقرات باعث تحمیل بار[8] زیادی بر روی آن‌ها می‌شود که این امر موجب مصرف بالای انرژی در گره‌های ستون‌فقرات می‌شود. در شبکه‌های WSN که به طور کلی گره‌ها محدودیت بالایی از نظر انرژی دارند، این مساله به شدت باعث کاهش طول عمر شبکه می‌شود.

این مقاله، با بهبود الگوریتم ارائه شده در [۱۱]، طول عمر شبکه تا حد زیادی افزایش داده است. در الگوریتم پیشنهادی در این مقاله، ابتدا با کمک الگوریتم بهینه‌سازی هوشمند PSO، به صورت بهینه دو ضریب برای گره‌های حسگر تعیین می‌شود. این ضرایب

[1] Multi-hop wireless ad hoc networks
[2] Degree constrained minimum weight CDS
[3] Learning automata theory

[4] Optima degree-constrained minimum weight CDS
[5] Unit disk graph
[6] Hop count
[7] Message overhead
[8] Load

www.SID.ir

که ضرایب حداقل انرژی و حداکثر درجه می‌باشند، در هنگام انتخاب گره‌های تشکیل دهنده مجموعه غالب (DS)[1]اثرگذار می‌باشند. به این صورت گره‌های مناسب‌تری برای تشکیل ستون‌فقرات انتخاب می‌شوند. الگوریتم پیشنهادی دارای پیچیدگی زمانی و پیام O(n) می‌باشد.

ادامه این مقاله به صورت زیر می‌باشد: بخش دو مروری کلی بر مقدمات مورد نیاز در سایر بخش‌ها دارد. در این بخش توضیحات مختصری در مورد مسائل مربوط به مجموعه غالب و الگوریتم بهینه سازی PSO ارائه شده‌است. در بخش سه، الگوریتم تشکیل ستون‌فقرات مورد استفاده در این مقاله بیان می‌شود. بخش چهارم کارایی الگوریتم پیشنهادی به کمک نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده ارائه خواهد شد. بخش پنجم نیز، شامل نتیجه‌گیری کلی حاصل از این مقاله خواهد بود.

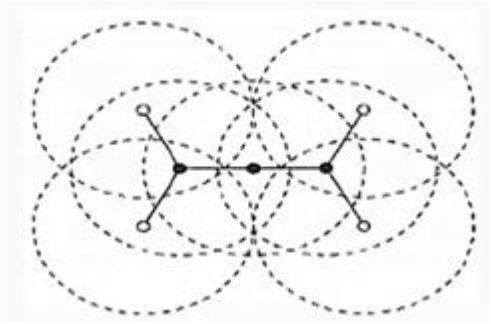
۲- تعاریف اولیه و پیش‌زمینه

در این بخش به صورت خلاصه مباحث پیش‌زمینه مورد نیاز، بیان می‌گردد. ابتدا چگونگی مدل کردن شبکه،سپس مسائل مربوط به مجموعه غالب همبند بیان خواهند شد. و در نهایت مروری کلی بر الگوریتم بهینه‌سازی PSOارائه شده است.

مدل گراف قرص واحد(UDG)

برای فهم دقیق خصوصیات و کاربردهای شبکه‌های حسگر بیسیم، این شبکه‌ها به کمک مدل‌های مختلفی مدل می‌شوند. این مدل‌ها رابطه مستقیمی با برد ارسال[2]گره‌ها دارند. UDG، مدل بسیار پرکاربردی در شبکه‌های موردی، چه شبکه‌های حسگر بیسیم و چه شبکه‌های سیار موردی (MANET)[3] می‌باشد که اساسی‌ترین ویژگی این مدل برد ارسال یکسان برای تمامی گره‌ها می‌باشد.

در این مدل شبکه با گراف G(V,E) مدل می‌شود که V مجموعه گره‌ها و E مجموعه یال‌ها است. لازم به ذکر است که گراف در UDG جهت‌دار نیست. چنانچه گره‌ای در برد ارسال گره دیگری باشد آن‌گاه یک لینک غیرجهت‌دار بین آن‌ها برقرار می‌شود. به معنای دیگر اگر $u\epsilon V$ و $v\epsilon V$ و $d(u,v)\leq R$ باشد، آن‌گاه $(u,v)\epsilon E$ است که d(u,v) به فاصله بین دو گره اشاره می‌کند و R برد ارسال گره‌ها می‌باشد [۱۲]. مثالی از مدل UDG است که برد ارسال تمامی گره‌ها R می‌باشد.

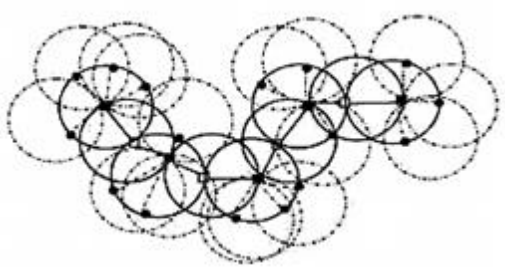


شکل۱ : مثالی از مدل UDG[۱]

مجموعه غالب (DS)

در گراف غیرجهت‌دار G(V,E) که V گره‌ها و E یال‌ها را نشان می‌دهد، مجموعه $\mathbf{V'}$که $V'cV$ است، یک DS از G است، اگر برای هر گره $u,v \epsilon V$ ، u یا متعلق به $\mathbf{V'}$باشد یا یک گره $\mathbf{v\epsilon V'}$ موجود باشد که $(u,v) \epsilon E$ باشد. به بیان دیگر، یک مجموعه غالب از یک گراف، زیرمجموعه‌ای از گره‌هایی است که هر گره در گراف یا عضو آن است یا همسایه حداقل یکی از اعضای زیر مجموعه است.

مجموعه غالب همبند (CDS) یک مجموعه غالب همبند از یک گراف، زیر مجموعه‌ای از گره‌هایی است که هر گره در گراف یا عضو این زیر مجموعه و یا همسایه حداقل یکی از اعضای آن باشد و زیر گراف به دست آمده از $\mathbf{V'}$ یعنی $G(\mathbf{V'})$، متصل باشد. یک CDS، یک کاندیدخوب برای ستون‌فقرات مجازی است، چرا که هر گره در شبکه حداکثر یک پرشاز یک گره CDS فاصله دارد.به عنوان مثال گره‌های مشکی در شکل ۲ یک CDS را تشکیل می‌دهند.



شکل۲: یک CDSبرای گراف شبکه[۱]

[1]Dominating set
[2] Transmission range
[3]Mobile ad-hoc networks

www.SID.ir

کوچکترین مجموعه غالب همبند (MCDS)

مجموعه غالب همبند با کمترین اندازه، MCDS نامیده می‌شود. مساله پیدا کردن MCDS در گراف شبکه یک مساله NP-hard می‌باشد [۱۰]. MCDS تعداد گره‌های CDS را کمینه می‌کند که این مساله باعث کمینه شدن متوسط تعداد پرش‌ها بین هر دو جفت گره در شبکه می‌شود. به عبارت دیگر، MCDS باعث بیشینه شدن متوسط درجه گره‌های CDS می‌شود.

مجموعه غالب همبند با محدودیت درجه[1](DC-CDS)

در گراف غیر جهت‌دار G(V,E)، درجه گره $\mathbf{v_i}$ را با Δ_i نمایش می‌دهیم. Δ_i تعداد گره‌های زنده همسایه با گره $\mathbf{v_i}$ را نشان می‌دهد (و یا تعداد یال‌هایی که به گره $\mathbf{v_i}$ متصل می‌باشد). مجموعه غالب همبند با محدودیت درجه برای گراف G، مجموعه غالب همبند گراف است با این شرط که برای تمام گره‌ها، $\Delta_i \leq \mathbf{d}$ باشد، که d عدد صحیح مثبتی است که محدودیت درجه را مشخص می‌کند. در صورتی که DC-CDS کمترین اندازه (تعداد گره) را داشته باشد، DC-MCDS نامیده می‌شود.

با توجه به نوع ارتباط، هر گره در شبکه دارای وزن (هزینه) خاصی می‌باشد، که این وزن می‌تواند بر حسب انرژی، زمان، پهنای باند و ... باشد. در صورتی‌که تمام گره‌ها وزن یکسانی داشته باشند، کوچکترینستون‌فقرات بر پایه CDS (یا MCDS) از نظر وزن (هزینه) نیز، کارآمد[2] است. زیرا با کاهش تعداد گره‌های ستون‌فقرات وزن هم کاهش می‌یابد.اما در شرایط واقعی‌تر که هر گره هزینه (وزن) متفاوتی دارد، ستون‌فقراتی از لحاظ هزینه کارآمد می‌باشد که CDS به جای کمینه بودن از نظر تعداد، از نظر هزینه کمینه باشد.

CDS **با وزن کمینه**[3](MWCDS)

در گراف بدون جهت و وزن‌دار G(V,E,W) که V نشان‌دهنده گره‌ها، E نشان‌دهنده یال‌ها و W نشان‌دهنده وزن‌های تخصیص داده شده به گره‌ها می‌باشد. MWCDS برای گراف G، CDS ای با کمترین وزن می‌باشد. پیدا کردن MWCDS برای یک گراف نیز یک مساله NP-hard می‌باشد [1] . CDS با وزن کمینه و محدودیت درجه (DC-MWCDS)

DC-MWCDS برای گراف بدون جهت و وزن‌دار G(V,E,W)، مجموعه غالب همبندی است که وزن کمینه داشته و گره‌های آن دارای محدودیت درجه باشند.

مروری بر الگوریتم PSO

این الگوریتم که از نوع الگوریتم‌های تکاملی می‌باشد، در سال۱۹۹۵ توسط Eberhart و Kennedy مطرح شد [۱۲] و اقتباسی از رفتار ذرات هجومی همچون، دسته کلاغ‌ها می‌باشد. به اینگونه که در حرکت یک دسته از کلاغ‌ها، یک کلاغ (سرگروه) دارای بهترین موقعیت می‌باشد و بقیه کلاغ‌ها با توجه به موقعیت خود و کلاغ‌های مجاور سعی در بهتر کردن مکان خود و نزدیک شدن به سرگروه دارند. در این بین چنانچه یکی از اعضا بتواند موقعیت بهتری نسبت به سر گروه پیدا کند او به عنوان سر گروه انتخاب می‌شود. عملکرد یک الگوریتمPSO نیز مشابه عملکرد دسته کلاغ‌ها می‌باشد. به این شکل که دسته‌ای از ذرات (به عنوان متغیرهای مسئله بهینه‌سازی) درمحیط جستجو پخش می‌شوند. واضح است که بعضی از ذرات، موقعیت بهتری نسبت به ذرات دیگر خواهند داشت. در نتیجه بر طبق رفتار ذرات هجومی بقیه ذرات سعی می‌کنند موقعیت خود را به موقعیت ذرات برتر برسانند. در عین حال موقعیت ذرات برتر نیز در حال تغییر می باشد. شایان ذکر است که تغییر موقعیت هر ذره بر اساس تجربه خود ذره در حرکات قبلی و تجربه ذرات همسایه صورت می‌گیرد. در واقع هر ذره از برتری یا عدم برتری خود نسبت به ذرات همسایه و همچنین نسبت به کل گروه آگاه است.

برای شبیه‌سازی این رفتار، پارامترهای زیر تعریف می‌شوند:[۱۳]

Pbest: این پارامتر، بیانگر بهترین موقعیتی است که هر ذره در طول اجرای الگوریتم کسب کرده است.

Gbest: این متغیر، بهترین موقعیتی را که ذرات در طول اجرای الگوریتم کسب کرده‌اند، نشان می‌دهد. در واقع این پارامتر موقعیت سرگروه را مشخص می‌کند.

پارامتر شناخت فردی: ($\mathbf{c_1}$) این کمیت باعث می‌شود که ذره به سمت بهترین نقطه‌ای که خود و همسایگانش پیدا کرده‌اند، حرکت کند. این ضریب، به عنوان ضریب تحریک به کار می‌رود.

پارامتر شناخت اجتماعی ($\mathbf{c_2}$): این ضریب که با عنوان ضریب تحریک نیز به کار می‌رود، باعث می‌شود که ذره به سمت بهترین نقطه‌ای که ذرات تا به حال کسب کرده‌اند (موقعیت سرگروه)،حرکت کند.

۳- الگوریتم پیشنهادی

در الگوریتم پیشنهادی، با استفاده از الگوریتم PSOبرای گراف شبکه، به صورت بهینه ضریبی از حداکثر درجه و میانگین

[1] Degree-constrained CDS
[2]Cost-effective
[3]Minimum weight CDS

www.SID.ir

انرژی باقیمانده گره‌ها پیدا شده و سپس در مراحل بعدی، در حین انتخاب گره‌های DS، از این ضرایب استفاده خواهد شد.

۳-۱- تعریف مساله

در شبکه‌های حسگر بیسیم که متشکل از یک مجموعه گره به همراه یک یا چند ابر گره (گره چاهک)[۱] می‌باشد، در هر فاصله زمانی، بسته‌های داده از سوی گره‌ها به گره چاهک ارسال می شوند. در شرایط ارسال داده گره‌هایی که به عنوان ستون‌فقرات انتخاب شده‌اند، روشن بوده و عملیات ارسال و دریافت داده را انجام می‌دهند و سایر گره‌ها در حالت خواب قرار می‌گیرند. ارسال و دریافت پیام توسط گره‌ها موجب مصرف انرژی آن‌ها می‌شود که طبق مدل انرژی ارائه شده در [۱۴]، این میزان برای ارسال L بیت داده در فاصله d طبق (1) می‌باشد:

$$E_{sx}(l,d) = E_{sx-elec}(l) + E_{sx-amp}(l,d) = \begin{cases} lE_{elec} + l\varepsilon fs d^2 d < d_0 \\ lE_{elec} + l\varepsilon mp d^4 d \geq d_0 \end{cases} \quad (۱)$$

با توجه به فاصله ارسال، یا رابطه اول که شامل

(free space), $\varepsilon fs = 10\ pJ\ /bit/m^2$

یا رابطه دوم که شامل $\varepsilon mp = 0.0013pJ/$ (multi-path fading) bit/m^2 استفاده می‌شود. همچنین در این مدل زمانی که گره داده‌ای را دریافت نماید از (2) استفاده می‌شود.[۱۶]

$$E_{Rx}(l,d) = E_{Rx-elec}(l) = lE_{elec} \quad (۲)$$

در این مدل $E_{elec} = 50\ nJ/bit$ است. [۱۶]

به فواصل زمانی که در آن گره‌ها داده ارسال می‌کنند دوره انرژی گفته می‌شود.

انتخاب گره‌ها بعنوان ستون‌فقرات می‌تواند به دو صورت ایستا و پویا انجام شود. در حالت ایستا در ابتدا، یک تعداد گره به عنوان ستون‌فقرات انتخاب می‌شوند و تا آخر عمر شبکه این گره‌ها بعنوان گره ستون‌فقرات به کار خود ادامه می‌دهند. این امر موجب تحلیل سریع انرژی گره‌های ستون‌فقرات و خاموش شدن آنها می‌شود. در حالت پویا در هر دوره انرژی، پیکربندی مجدد صورت پذیرفته و گره‌های ستون‌فقرات مجددا انتخاب می‌شوند. در این شرایط با انتخاب مناسب گره‌ها بعنوان ستون‌فقرات می‌توان طول عمر شبکه را افزایش داد.

الگوریتم ارائه شده در این مقاله الگوریتمی پویاست. متغیرهای بهینه‌سازی، ضریب حداقل میزان انرژی و حداکثر درجه موثر گره-ها می‌باشند. این ضرایب که طی فرآیند بهینه‌سازی به مطلوب‌ترین نحو تعیین می‌گردند، مشخص می‌کنند که در ابتدای هر دوره انرژی، کدام‌یک از گره‌ها اجازه دارند به عنوان کاندید برای ستون‌فقرات در رقابت با سایر گره‌ها شرکت کنند. تعریف دقیق این متغیرها به شرح زیر می‌باشد:

ضریب حداقل میزان انرژی :این پارامتر، ضریبی از متوسط انرژی گره‌های زنده است. این ضریب، حداقل میزان انرژی لازم برای ستون‌فقرات را مشخص می‌کند. در صورتی که انرژی گره‌ای کمتر از این مقدار باشد نمی‌تواند بعنوان گره ستون‌فقرات انتخاب شود.اعمال این ضریب باعث می‌شود که گره‌هایی که نسبت به سایرین انرژی بیش‌تری دارند، به عنوان ستون‌فقرات انتخاب شده و در نتیجه دیرتر انرژی آن‌ها پایان یافته و خاموش شوند و از این‌رو طول عمر شبکه بیش‌تر می‌شود.

ضریب حداکثر درجه موثر :ضریبی از حداکثر درجه گره‌های زنده شبکه بوده که در صورتی که درجه موثر گره بیش‌تر از این مقدار باشد آن گره به عنوان گره ستون‌فقرات انتخاب نخواهد شد. می‌دانیم که گره‌های CDS مسئول ارسال داده به گره‌های غیر CDSای که در مجاورتشان می باشند، هستند. انتخاب گره‌هایی با بیش‌ترین درجه موجب کوچک‌تر شدن اندازه CDS شده که این مساله در کاهش مصرف انرژی مطلوب است. اما از طرفی در این شرایط، گره‌های CDS در مجاورت تعداد زیادی گره غیر CDS هستند. تبادل داده به همسایه‌ها باعث اتمام هرچه سریع‌تر انرژی گره‌های ستون‌فقرات و در نتیجه کاهش طول عمر شبکه می‌شود. در نظر گرفتن این شرط باعث می‌شود گره‌هایی که دارای درجه موثر بیش‌تری هستند(همسایه‌های بیش‌تری دارند) به عنوان ستون‌فقرات شبکه انتخاب نشوند و به این ترتیب درگیری کم‌تری در دریافت و ارسال داده داشته و دیرتر رو به خاموشی روند و از این بابت طول عمر شبکه را افزایش دهند.

الگوریتم پیشنهاد شده در این مقاله، در فاز تشکیل ستون‌فقرات از الگوریتمEA-MCDS-UDG ارائه شده در [۱۱] استفاده می‌کند.در این الگوریتم فرض شده است همه حسگرها در یک سطح دو بعدی توزیع شده‌اند. مدل استفاده شده در این الگوریتم UDG است. این الگوریتم، که یک الگوریتم پویا می‌باشد از دو فاز تشکیل شده است. در فاز اول یک MIS محاسبه شده و در فاز دوم با انتخاب حداقل تعداد گره‌های ممکن به عنوان متصل‌کننده و اضافه کردن آن‌ها بعنوان MIS یک CDS را ایجاد کرده است.

برای به کارگیری روش پیشنهادی برای هر شبکه دلخواه، کافی

[۱] sink

www.SID.ir

است در ابتدای راه‌اندازی شبکه، تنها یک مرتبه الگوریتم PSO اجرا شده و ضرایب عنوان شده به صورت بهینه و با هدف بیشینه کردن طول عمر شبکه تعیین گردند. پس از آن و در حین استفاده از شبکه، دیگر نیازی به اجرا مجدد الگوریتم PSO نسیت. تنها در ادامه و در هر دوره انرژی، گره‌ها میانگین انرژی باقی‌مانده خود و همچنین درجه بیشینه را به گره چاهک اعلام می‌کنند. گره چاهک ضریب مشخص شده را در این دو عدد ضرب و حاصل را که در واقع همان محدودیت درجه و انرژی می‌باشد، به سایر گره‌ها اعلام می‌کند. سپس در فاز اول الگوریتم EA-MCDS-UDG، که فاز تشکیل MIS می‌باشد، گره‌هایی که درجه بیش‌تر یا انرژی کم‌تری نسبت به محدودیت درجه و انرژی تعیین شده داشته باشند، نمی‌توانند در کنار سایر گره‌ها برای تشکیل MIS رقابت کنند.

از مزیت روش پیشنهادی می‌توان به پویا بودن آن اشاره کرد. زیرا در هر دوره انرژی، درجه بیشینه و میانگین انرژی گره‌های زنده مجددا به گره چاهک اعلام می‌گردد. گره‌ها برای اعلام درجه و انرژی خود به گره چاهک، پیام اضافه‌ای در شبکه ارسال نمی‌کنند. در واقع فرض شده است که در هر دوره، گره فرستنده پیام، در هنگام ارسال داده، سرآیند ۲۰ بیتی را به ابتدای پیام ارسالی خود اضافه نماید. ۱۰ بیت اول در این سرآیند انرژی باقی‌مانده به صورت درصدی از کل انرژی اولیه و ۱۰ بیت دوم درجه بیشینه گره را مشخص می‌نمایند. به عنوان مثال، گره‌ای که دارای میزان انرژی ۵۰٪ است و با ۲۰ گره دیگر در ارتباط است، هنگام ارسال داده، سرآیندی به شکل زیر به پیام خود اضافه می‌نماید.

۰	۰	۰	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۰
۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۱	۰	۰

بنابراین پیچیدگی پیام و پیچیدگی زمانی آن مشابه الگوریتم EA-MCDS-UDG، یعنی O(n) می‌باشد.

فلوچارت الگوریتم تعیین ضرایب در شکل (۳) نمایش داده شده است:

در این فلوچارت شرح بلوک‌ها به صورت زیر است:

a : در این مرحله اطلاعات شبکه شامل اندازه منطقه، تعداد گره‌ها، برد ارسال هر گره، موقعیت گره‌ها، میزان انرژی اولیه هر گره، تعداد بسته‌های داده‌ی ارسالی و اطلاعات آن، Tmax و اطلاعات الگوریتم PSO شامل تعداد ذرات، تعداد تکرار مورد نظر و ضرایب c_1 و c_2 به عنوان داده‌های ورودی به برنامه داده می‌شوند.

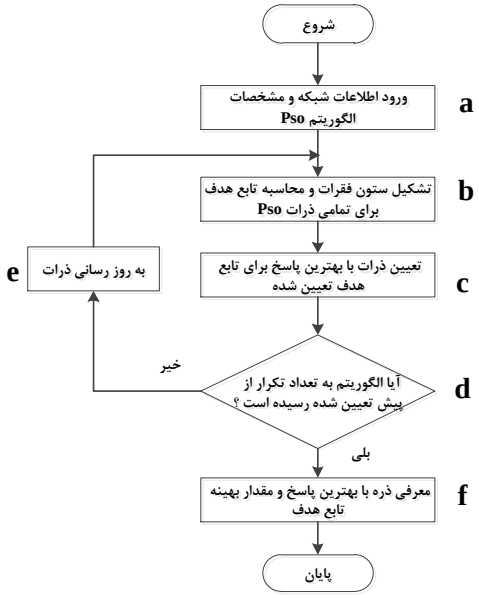
b: در این مرحله، تابع هدف که در اینجا بیشینه شدن طول عمر شبکه می‌باشد، برای تمامی ذرات PSO محاسبه می‌گردد.

c:دراین قسمت اعضا با بهترین پاسخ تعیین می‌گردند.

d: در این بلوک این مطلب که آیا برنامه به تعداد تکرار از پیش تعیین شده رسیده است یا خیر بررسی می‌گردد. در صورت مثبت بودن پاسخ الگوریتم به مرحله f می‌رود و در غیر اینصورت به مرحله e خواهد رفت.

e: در این مرحله با توجه به تابع گفته شده در قسمت قبل به روزرسانی ذرات صورت می‌پذیرد.

f: در صورت برآوردن شرط در بلوک d الگوریتم به این مرحله وارد می‌شود که در آن بهترین پاسخ و مقدار متغیرها که منجر به آن پاسخ شده‌اند ارائه می‌شود.



شکل ۳ : فلوچارت الگوریتم پیشنهادی

۴- شبیه سازی

به منظور بررسی الگوریتم پیشنهادی و نشان دادن توانایی آن در ارائه طرحی کارا که نیاز شبکه را متناسب با شرایط کاری آن برآورده سازد، آزمایشات شبیه‌سازی انجام گرفته و نتایج حاصل از آن با مراجع مربوطه مقایسه گردیده است. این شبیه‌سازی‌ها که به کمک نرم‌افزارMATLAB انجام شده‌اند، در این بخش ارائه خواهند شد . در ادامه، ابتدا مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های انجام شده با دو الگوریتم مرجع تشکیل CDS از لحاظ اندازه ستون فقرات و طول عمر شبکه ارائه شده است. اولین الگوریتم، الگوریتم ارائه شده در [۱۱] به نام الگوریتم EA-MCS-UDG و الگوریتم بعدی، الگوریتم ارائه شده در [۱] به نام DEBB می‌باشد. سپس به معرفی سناریوهای مختلفی که می‌توان در شرایط متفاوت برای

Archive of SID

www.SID.ir

طول عمر شبکه در نظر گرفت و به عنوان تابع هدف الگوریتم PSO تعریف کرد، پرداخته شده است. کارایی الگوریتم ارائه شده، در این سناریوها و در مقایسه با الگوریتم EA-MCDS-UDG نشان داده شده است.

در این شبیه‌سازی‌ها، پیکربندی شبکه به شرح زیر در نظر گرفته شده است. حسگرها در یک محیط دو بعدی به ابعاد ۱۰۰ در ۱۰۰ متر به صورت تصادفی چیده شده‌اند. تعداد گره‌ها به صورت مرحله به مرحله از ۱۰۰ تا ۲۵۰ گره، و با افزایش ۵۰ گره در هر مرحله می‌باشد. انرژی اولیه گره‌ها به صورت تصادفی بین ۱/۵ تا ۲ ژول و برد ارسال‌شان ۲۰ متر می‌باشد. در هر دوره گره‌ها دو بسته داده‌ی ۵۱۲ بایتی را به گره چاهک ارسال می‌کنند. حجم بسته broadcast نیز ۲۵۰ بیت می‌باشد. همان طور که بیان شد ، مصرف انرژی گره‌ها طبق روابط (۱) و (۲) در نظر گرفته شده است. برای الگوریتم PSO نیز تعداد ذرات ۲۰ ذره و تعداد تکرار نیز ۲۰ تکرار در نظر گرفته شده است. همچنین ضرایب C1 و C2 به ترتیب ۱/۵ و ۲/۵ اختیار شده‌اند.

نمودارهای ارائه شده در این قسمت، حاصل اجرای بیست مرتبه الگوریتم و میانگین نتایج حاصل از این تکرارها میباشند.

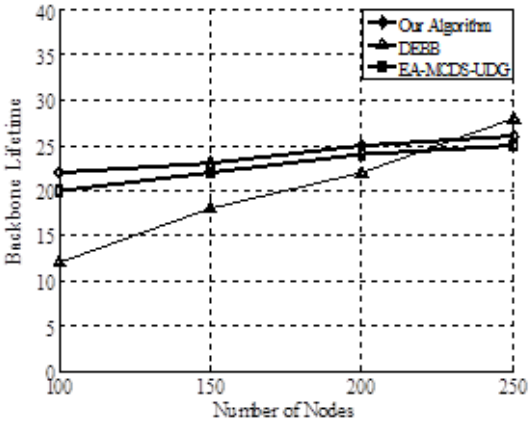
جدول۱ تمام پارامترهای شبیه‌سازی را نشان می‌دهد.

جدول ۱: پارامترهای شبیه سازی الگوریتم پیشنهادی در مدل UDG.

پارامترها	مقادیر
اندازه شبکه	100m ×100m
تعداد گره‌ها	100 to 250
برد ارسال	20 m
اندازه بسته داده	512 Bytes
اندازه بسته broadcast	250 bits
انرژی اولیه گره‌ها	1.5 to 2 J
Eelec	50 nJ/ bit
εfs	10 pJ/ bit/ m2
εamp	0.013 pJ/ bit/ m4
تعداد ذرات الگوریتم PSO	20
تعداد تکرار الگوریتم PSO	20
C1	1.5
C2	2.5

۴-۱- اندازه ستون فقرات

اندازه ستون‌فقرات برابر تعداد گره‌های سازنده آن می‌باشد. اندازه ستون‌فقرات با برد ارسال نسبت عکس و با هزینه ارتباط[۱] گره‌ها نسبت مستقیم دارد [1]. نمودار نمایش داده در شکل ۴، اندازه ستون‌فقرات الگوریتم‌های مختلف را نشان می‌دهد.



شکل۴: اندازه ستون‌فقرات

همان‌طور که شکل (۴) نشان می‌دهد، اندازه ستون‌فقرات در روش پیشنهادی و الگوریتم EA-MCDS-UDG تفاوت چندانی ندارد، زیرا در این روش تنها یک شرط اضافی قبل از انتخاب گره‌های DS در نظر گرفته شده و گره‌هایی که در این شرط صدق نکنند نمی‌توانند در رقابت شرکت کنند. الگوریتم DEBB در تعداد گره‌های کمتر دارای اندازه ستون‌فقرات کوچکتر می‌باشد، اما مشاهده می‌شود که اندازه ستون‌فقرات در روش پیشنهادی، با شیب کمتری نسبت به DEBB رشد نموده و همانطور که در ۲۵۰ گره ملاحظه می‌شود، با افزایش اندازه شبکه، اندازه ستون‌فقرات شبکه در این الگوریتم نسبت به الگوریتم DEBB کمتر خواهد شد. در حالت کلی با افزایش اندازه شبکه، اندازه ستون‌فقرات نیز افزایش می‌یابد.

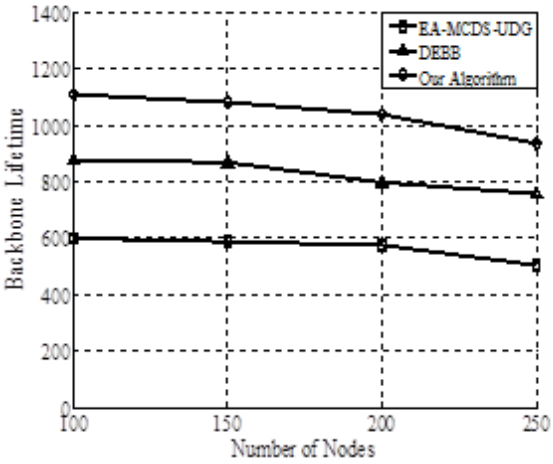
۴-۲- طول عمر شبکه

در این سناریو، فاصله زمانی راه‌اندازی شبکه تا خروج اولین گره[۲](FND)، طول عمر شبکه در نظر گرفته شده است. این پارامتر به صورت مستقیم نشان دهنده کارآمد بودن پروتکل ساخت ستون‌فقرات هم از لحاظ مصرف انرژی و هم از لحاظ تعادل بار می‌باشد. شکل (۵)، طول عمر شبکه را برای الگوریتم پیشنهادی و مرجع بیان شده برحسب تعداد دوره و برای تعداد گره ۱۰۰ تا ۲۵۰ نشان می‌دهد.

[۱] Communication cost

[۲] First node death

www.SID.ir



شکل ۵ : طول عمر شبکه بر حسب تعداد دوره

همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، الگوریتم EA-MCDS-UDG از نظر طول عمر شبکه آنچنان بهینه نیست. این الگوریتم ترکیبی از انرژی باقیمانده گره‌ها و درجه‌شان را به عنوان وزن هر گره در نظر گرفته و با انتخاب گره‌هایی با بالاترین درجه و انرژی باقیمانده، سعی در کمینه کردن اندازه CDS دارد به همین دلیل طول عمر پایین‌تری نسبت به روش پیشنهادی در این مقاله دارد. کارایی الگوریتم DEBB به انتخاب صحیح محدودیت درجه وابسته است. زیرا در این الگوریتم، ابتدا و به صورت ایستا محدودیت درجه تعیین شده و تا انتهای طول عمر شبکه همین محدودیت اعمال می‌گردد. مزیتی که روش پیشنهادی در این مقاله نسبت به DEBB دارد این است که اولا علاوه بر پیدا کردن درجه بهینه گره‌ها حداقل انرژی آن‌ها را نیز به صورت بهینه پیدا و اعمال می‌نماید، در ثانی، انتخاب و اعمال محدودیت درجه در روش پیشنهادی پویایی بیشتری نسبت به DEBB دارد. با توجه به مزایای عنوان شده، و همان‌طور که در نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌ها ارائه شده است، طول عمر شبکه در الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم DEBB بهبود یافته است.

همان‌طور که در شکل نمایش داده شده است به طور کلی با افزایش اندازه شبکه، طول عمر آن کاهش می‌یابد. از آنجاییکه با افزایش اندازه شبکه، داده‌های بیشتری در شبکه جریان دارند بنابراین گره‌های ستون‌فقرات بار بیشتری را متحمل می‌شوند و این مساله دلیلی بر کاهش طول عمر شبکه است.

در کاربردهای مختلف، با توجه به نیاز شبکه،تعاریف مختلفی از طول عمر شبکه ارائه شده است. در ادامه این بخش به بیان تعاریف مختلفی از طول عمر شبکه پرداخته و کارایی الگوریتم پیشنهادی به کمک نتایج شبیه‌سازی در این تعاریف نیز نشان داده خواهد شد.

از آن جایی که هر شبکه درای خصوصیات و حساسیت‌های مربوط به خود می‌باشد، ضروری است پیکربندی شبکه متناسب با نیاز آن تعیین گردد. در این پژوهش هدف تعیین نقاطی از شبکه به عنوان ستون‌فقرات است به نحوی که حداکثر میزان زندگی برای شبکه حاصل شود. از این رو متناسب با نیاز و کاربرد شبکه، سه سناریو تعریف شده‌است. در هر سناریو تابع هدف خاصی در نظر گرفته شده و با توجه به آن بهینه‌سازی انجام می‌شود. در سناریوی اول، هدف تعیین نقاط ستون‌فقرات است به نحوی که خروج اولین گره پس از بیش‌ترین زمان ممکن رخ دهد. در سناریوی دوم، تابع هدف،بیشینه کردن مجموع تعداد گره‌های زنده در هر دوره تعریف می‌شود. در سناریوی سوم، تابع هدف الگوریتم زمان شروع از هم گسیختگی شبکه قرار داده شده و این زمان را تا حد ممکن افزایش داده شده است. حالت مستقیم نیز حالتی است که شبکه به طور عادی و بدون اعمال شروط قید شده (در واقع این حالت به‌کارگیری الگوریتم EA-MCDS-UDG می‌باشد) کار کند. تشریح این سناریوها در ادامه ارائه شده است.

سناریوی (۱) : با توجه به محیطی که شبکه حسگر بیسیم در آن نصب شده‌است، ممکن است خروج حتی یک گره منجر به عدم سرویس‌دهی مطلوب شده و عملکرد شبکه را با اشکال روبرو کند. در این شرایط در هر دوره، باید گره‌های ستون‌فقرات به نحوی تعیین شوند که خروج اولین گره تا حد ممکن به تاخیر بیافتد. پس در این حالت هدف تعیین نقاط ستون‌فقرات است به نحوی که خروج اولین گره پس از بیشترین زمان ممکن رخ دهد.

سناریوی (۲) : در برخی شبکه‌ها با توجه به شرایط مکان تحت نظر، ممکن است حضور حداکثر تعداد گره‌ها در هر دوره مطلوب باشد و تعداد داده‌ی دریافتی از گره‌ها از اهمیت بالایی برخوردار باشد. در این شرایط باید انتخاب گره‌ها بعنوان ستون‌فقرات شبکه به نحوی صورت پذیرد که حداقل تعداد خروج گره در هر دوره را به همراه داشته باشد یا به بیانی دیگر در هر دوره حداکثر تعداد گره زنده را داشته باشیم. در این شرایط تابع هدف به صورت مجموع تعداد گره‌های زنده در هر دوره تعریف می‌شود که این امر در این سناریو آورده شده‌است.

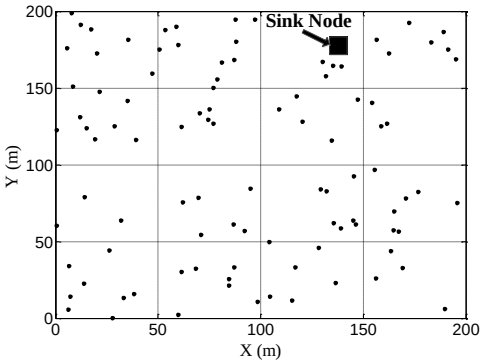
سناریوی (۳) : در بهره‌برداری از شبکه حسگر بیسیم ممکن است طی بهره‌برداری به دلیل خاموش شدن برخی گره‌ها که در موقعیت خاصی قرار دارند، گره‌هایی که هنوز دارای انرژی بوده و اصطلاحا زنده هستند، ارتباط خود را با گره چاهک از دست داده و عملا بی‌استفاده شوند. در این حالت شبکه دچار از هم گسیختگی می‌شود. از این‌رو می‌توان تابع هدف الگوریتم را زمان شروع از هم گسیختگی شبکه قرار داده و تا حد ممکن این زمان را افزایش داد و از هم گسیختگی شبکه را به تاخیر انداخت که سناریوی شماره

Archive of SID

www.SID.ir

(۳) این مساله را پوشش می‌دهد.

شبیه‌سازی‌های ارائه شده بر روی یک شبکه حسگر بیسیم دارای ۱۰۰ گره با برد ارسال ۴۰ متر که در محیطی به ابعاد ۲۰۰ در ۲۰۰ متر به طور تصادفی چیده شده‌اند انجام گرفته است. موقعیت این گره‌ها در شکل زیر به نمایش در آمده است.



شکل ۴ : موقعیت گره‌ها در شبکه مورد مطالعه

پارامترهای این شبیه‌سازی در جدول ارائه شده است.

جدول۲: پارامترهای شبیه سازی سناریوهای مختلف

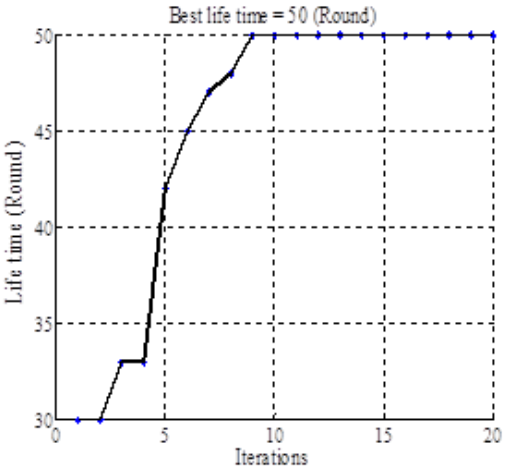
پارامترها	مقادیر
اندازه شبکه	200m ×200m
تعداد گره‌ها	100
برد ارسال	40 m
اندازه بسته داده	2000 bits
اندازه بسته broadcast	250 bits
انرژی اولیه گره‌ها	0.1 J
E_{elec}	50 nJ/ bit
ε_{fs}	10 pJ/ bit/ m^2
ε_{amp}	0.013 pJ/ bit/ m^4
تعداد ذرات الگوریتم PSO	20
تعداد تکرار الگوریتم PSO	20
C_1	1.5
C_2	2.5

لازم به ذکر است که طی تکرار شبیه‌سازی‌ها در تمامی سناریوها ، مشخص شد که با استفاده از این روش بین ۵۰ تا ۹۰ درصد افزایش طول عمر در شبکه خواهیم داشت. بنابراین اعمال الگوریتم پیشنهادی در هرکدام از سناریوها موجب بهبود طول عمر شبکه می‌شود. نتایج جدول (۳) که حاصل یک بار اجرا این الگوریتم برای یک شبکه خاص (با ویژگی‌هایی که در بالا عنوان شد) و به عنوان مثال ارائه شده است، بر صحت این مدعا دلالت دارد.

همانطور که در این جدول ملاحظه می‌شود در سناریوی (۱) که تابع هدف خروج اولین گره در نظر گرفته شده است، الگوریتم توانسته با تعیین و اعمال ضرایب مورد بحث به میزان مطلوب، خروج اولین گره را از ۲۶ دوره تا ۵۰ دوره به تاخیر بیندازد. روند همگرایی الگوریتم PSO در این سناریو به عنوان نمونه در شکل (۵) ارائه شده‌است.

جدول ۳ : نتایج حاصل از سناریوهای شبیه‌سازی

روش	ضریب حداقل انرژی	ضریب حداکثر درجه موثر	خروج اولین گره	خروج آخرین گره	شروع از هم گسیختگی	مجموع گره-های زنده
EA-MCDS-UDG	–	–	۲۶	۱۶۷	۴۴	۷۱۴۶
Scenario 1	۰/۲۳۰۵	۰/۹۳۵۸	۵۰	۱۶۸	۵۰	۶۰۳۷
Scenario 2	۰	۰/۷۹۱۰	۲۷	۱۶۸	۴۲	۷۸۳۷
Scenario 3	۰/۰۹۷۲	۰/۹۰۹۱	۳۹	۱۶۷	۵۸	۶۹۹۱



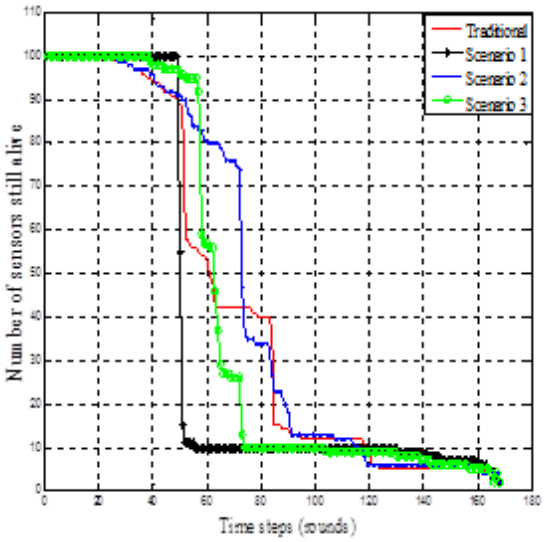
شکل ۵ : روند همگرایی الگوریتم PSO در سناریوی (۱)

در سناریوی (۲) ملاحظه می‌شود با تعیین بهینه ضرایب توسط الگوریتم پیشنهادی مجموع گره‌های زنده در طول عمر شبکه از ۷۱۴۶ به ۷۸۳۷ گره افزایش یافته است. در سناریوی (۳) نیز که تابع هدف شروع از هم گسیختگی شبکه است، دوره شروع از هم گسیختگی از ۴۴ به ۵۸ افزایش یافته است. نتایج حاصل از این سه سناریو همراه با جزییات در جدول (۳) آورده شده‌است. لازم به ذکر است که درجه بیشینه برای شبکه مورد نظر برابر ۱۷ است. در هر دوره، حاصل‌ضرب ضریب حداکثر درجه موثر در درجه بیشینه به پایین رند شده و محدودیت درجه را تعیین می‌نماید.

به منظور مقایسه بهتر سناریوها با هم و با الگوریتم EA-MCDS-UDG در نمودار شکل (۶)، ترتیب خروج گره‌ها در دوره‌های انرژی

www.SID.ir

نمایش داده شده است. این نمودار نشان می‌دهد که در الگوریتم EA-MCDS-UDG و در الگوریتم پیشنهادی در حالتی که تابع هدف PSO هر یک از سناریوهای بیان شده باشد (که با توجه به این توابع هدف، ضرایب الگوریتم پیشنهادی تعیین می‌شوند) تعداد گره‌های زنده در هر دوره به چه صورت می‌باشد. منظور از گره‌های زنده، گره‌هایی است که هنوز با گره چاهک ارتباط دارند.



شکل ۶ : تعداد گره‌های زنده بر حسب دوره‌های انرژی در سناریوهای مختلف شبیه‌سازی

۵- نتیجه گیری

با توجه محدودیت منابع (مانند ظرفیت پایین باطری، حافظه محدود و توان محاسباتی کم) و خرابی گره‌ها در شبکه‌های WSN، تشکیل ستون‌فقرات با طول عمر بالا که اثر بالایی در کارایی و افزایش طول عمر شبکه دارد، یکی از مهم‌ترین چالش‌هاپیش رو است. جدا از اهمیتی که بالا بودن طول عمر شبکه دارد، طول عمر شبکه به طور مستقیم نشان‌دهنده کارآمدی پروتکل تشکیل ستون‌فقرات از نظر تعادل بار و انرژی نیز می‌باشد [1]. یکی از راه‌های متداول ایجاد ستون‌فقرات شبکه، تشکیل CDS گراف شبکه می‌باشد. مهم‌ترین مشکل CDS با اندازه کمینه تحمیل بار زیاد بر روی گره‌های ستون‌فقرات بوده که این مساله باعث مصرف سریع انرژی این گره‌ها و ایجاد شکاف در میان گره‌های شبکه می‌شود. برای رفع این مشکل، در این مقاله برای تشکیل ستون‌فقرات شبکه از دسته خاصی از مساله مجموعه غالب همبند به نام مجموعه غالب همبند با محدودیت درجه و حداقل وزن استفاده شده است. در روش پیشنهادی، ابتدا به کمک الگوریتم بهینه‌سازی PSO تابع هدف بیشینه کردن طول عمر شبکه در نظر گرفته شده و برای این هدف دو ضریب حداکثر درجه گره و حداقل انرژی باقیمانده تعیین می‌شود. پس از آن در هر دوره انرژی و قبل از ساخت ستون‌فقرات، گره‌هایی که در این دو شرط صدق نکنند نمی‌توانند برای انتخاب DS با سایر گره‌ها رقابت نمایند. نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده به منظور اثبات کارایی روش پیشنهادی ارائه شد. همان‌طور که این نتایج نشان دادند، روش پیشنهادی توانسته است طول عمر شبکه را نسبت به روش‌های مشابه ارائه شده تا حد زیادی بهبود دهد.

مراجع

[1] J.Akbari Torkestani,Backbone formation in wireless sensor networks, Sensor and Actuators A 185 (2012) 117 – 126.

[2]Y.Li,M.T.Thai,F.Wang,C.W.Yi,P.J.Wang,D.Z.Du, On greedy construction of connected dominating set,Wireless communication and mobile computing 5 (8)(2005) 927– 932.

[3] S. Butenko, X. Cheng, C. Oliveira, P.M. Pardalos, A new heuristic for the minimum connected dominating set problem on ad hoc wireless networks in: Recent developments in cooperative control and optimization, Kluwer Academic Publishers, 2004,pp, 61–73.

[4] X.Cheng, M.Ding, D.Hongwei, X. Jia, Virtual backbone construction in multihop ad hoc wireless networks,Journal of wireless communications and mobile computing 6 (2006), 183–190.

[5]J. Akbari Torkestani, M.R. Meybodi, An intelligent backbone formation algorithm in wireless ad hoc networks based on distributed learning automata, Computer Networks 54 (2010), 826–843.

[6] J. Akbari Torkestani, Energy-efficient backbone formation in wireless sensor networks, Computers and electrical engineering,(2013).

[7] B. Zhou. An energy-aware virtual backbone tree for wireless sensor networks, in: IEEE Global Telecommunications Conference, vol. 40 (2005) 1212–1215.

[8]J. Kim, L. Jee-Hyongng, Vitamin. A virtual backbone tree algorithm for minimal energy consumption in wireless sensor network routing, in: International Conference on Information Networking (ICOIN), (2012) 144–149.

[9] K. Suganthi, B. Vinayagasundaram, J. Aarthi. Randomized fault-tolerant virtual backbone tree to improve the lifetime of wireless sensor networks, Computers and Electrical Engineering.(2015).

[10] J. Akbari Torkestani. An adaptive backbone formation algorithm for wireless sensor networks, Computer communications.35 (2012) 1333- 1344.

[11]H. Raei,M.Sarram,B.Salimi,F.Adibniya, Energy-awaredistributed algorithm for Virtual Backbone inwireless sensor networks, In the Proc. Of the 4thInt'l Conferenceson Innovations in Information Technology, IIT 2008, 435-439.

[12] B. Bullnheimer, R. Hartel and C. Strauss, "A new rank-based version of the ant system: A computational study, Central European Journal of Operations Research and Economics", 1999, no. 7 , 25-38.

[۱۳] قادرمطیع قادر. حبیب، لطفی. شهریار، سید اسفهلان. میر محمد، مروری بر برخی روش‌هایبهینه سازی هوشمند، انتشارات شبستر، دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۸۹.

[14] W. Heinzelman, A.P. Chandrakasan, H. Balakrishnan, Energy-efficient communication protocols for wireless microsensor networks, in: Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, 2000.

Archive

www.SID.ir

Wireless Sensor Networks Lifetime Improvement Utilizing PSO Algorithm

Samaneh Poostfroshan[1*], Mehdi Agha Sarram[2]
1*- Corresponding Author: Department of Electrical and Computer Engineering , Yazd University, Pajhohesh Street, , Yazd, Iran.
2- Department of Electrical and Computer Engineering , Yazd University, Pajhohesh Street, , Yazd, Iran.
[1*] samaneh.poostfroshan@gmail.com, [2] mehdi.sarram@yazd.ac.ir

Abstract- Since there is no fixed infrastructure or centralized management in Wireless Sensor Networks (WSNs), a Connected Dominating Set (CDS) has been proposed as a virtual backbone. In this paper, degree-constrained minimum-weight connected dominating set (DC-MWCDS) problem is used for modeling energy-efficient backbone formation in wireless sensor networks in UDG. DC-MWCDS aims at forming degree-constrained backbone and minimizing the weight of the CDS made for network graph simultaneously. The aim of this paper, is proposing an energy efficient connected dominating set (CDS) scheme in wireless sensor networks, which prolongs the network lifetime. In proposed algorithms, we use an optimal weight based on the minimum residual energy and maximum effective degree of nodes for backbone formation to prolong the network lifetime. The optimal weight coefficients are determined using particle swarm optimization (PSO) algorithm. Then, when selecting nodes for dominating set (DS) formation, these coefficients will be used. If the degree of a node is more than coefficient of degree constraint and energy of a node is less than coefficient of energy constraint, the node won't be selected for DS formation. The message and time complexity of the proposed algorithm is O(n). Simulation results show that proposed algorithms outperforms the other methods in terms of network lifetime.

Keywords- Network virtual backbone, UDG model, Wireless sensor network, Particle swarm optimization algorithm, DC-MWCDS.

Archive of SID

www.SID.ir