Arch

ICWR2020

کنفرانس بین المللی وب پژوهی
ایران، تهران، ۲۲ خرداد ۱۳۹۹

A two-sink based Particle Swarm Optimization Algorithm for Wireless Body Area Networks.

DR.Mostafa Ghazizadeh Ahsaee [1], Hadis Nouraddini ShahAbadi [2]

[1] PhD in Data Mining, Department of Computer Engineering, Data Mining, Ferdowsi University, Mashhad, iran
mghazizadeh@uk.ac.ir

[2] Master of Software, Department of Computer Engineering, Department of Software Engineering, Besat Institute of Higher Education, Kerman, iran
Nasimvasl19@yahoo.com

Abstract

Routing is one of the major challenges in designingwireless body area networks.Evolutionary-based Multi-hop Routing Protocol for wireless body area network is the first protocol offered for body surface networks. Some disadvantages of this protocol are as 1- It uses a genetic algorithm to adjust program parameters, which has the disadvantage that it performs differently in two runs, has poor mathematical support, requires a lot of computation, a good answer But it may not find the optimal answer. 2- Although the knots are behind the body, a sink is just in front of the body, so the knots in the body have to go a long way and spend more energy to communicate with the sink.

To overcome these drawbacks, a two-sink based Particle Swarm Optimization algorithm is proposed for wireless body area networks. Instead of the genetic algorithm, the particle swarm optimization algorithm is used, which has a simpler concept, faster convergence and easier implementation than the genetic algorithm and has a smaller population size. It also uses another sink behind the body, which makes most dorsal nodes use single step communication to reduce path loss and energy consumption.

Keywords: Wireless Body Area Networks(WBAN)Routing, Energy consoption, path loss, Genetic Algorithm, Particle swarm optimization, Sink1and2

www.SID.ir

Arch

JCWR2020
کنفرانس بین المللی وب پژوهی
ایران، تهران، ۲۲ خرداد ۱۳۹۹

الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات مبتنی بر دوسینک برای شبکه‌های بی‌سیم سطح بدن

دکتر مصطفی قاضی زاده احسائی[۱]، حدیث نورالدینی شاه آبادی[۲]

[۱] دکترای داده کاوی، گروه مهندسی کامپیوتر گرایش داده کاوی، دانشگاه فردوسی، شهر مشهد،
mghazizadeh@ymail.com

[۲] ارشد نرم افزار، گروه مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار، موسسه آموزش عالی بعثت، شهر کرمان،
Nasimvasl19@yahoo.com

چکیده

یکی از چالش‌های مهم در طراحی شبکه‌های بی‌سیم سطح بدن، مسیریابی است. پروتکل مسیریابی چندگامی مبتنی‌بر هدف، اولین پروتکل ارائه شده مخصوص شبکه‌های سطح بدن است. معایبی که این پروتکل نمایش می‌دهد: ۱- برای تنظیم پارامترهای برنامه از الگوریتم ژنتیک استفاده می کند که عیب این الگوریتم این است که در دوبار اجرا جواب‌های متفاوتی می‌دهد، پشتوانه ریاضی ضعیفی دارد، به محاسبات زیادی نیاز دارد، یک جواب خوب پیدا می کند اما ممکن است جواب بهینه را پیدا نکند. ۲- با وجود اینکه گره‌هایی در پشت بدن قرار دارند اما یک سینک فقط در جلوی بدن قرار می‌گیرد در نتیجه گره‌های پشت بدن برای ارتباط با سینک هم مسیر طولانی‌تری را باید طی کنند و هم انرژی بیشتری را باید صرف کنند.

برای غلبه بر این اشکالات الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات مبتنی بر دو سینک برای شبکه‌های بی‌سیم سطح بدن پیشنهاد می‌شود. در این الگوریتم به جای الگوریتم ژنتیک از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات استفاده می‌شود که مفهومی ساده‌تر، همگرایی سریع و پیاده سازی آسان‌تری نسبت به الگوریتم ژنتیک دارد و اندازه جمعیت آن کمتر است. همچنین این الگوریتم از یک سینک دیگر در پشت بدن استفاده می کند که باعث می‌شود اکثر گره‌های پشتی از ارتباط تک‌گامی استفاده کرده و از دست دادن مسیر و مصرف انرژی کاهش یابد.

کلمات کلیدی

مسیریابی شبکه‌های بی‌سیم سطح بدن، مصرف انرژی، از دست‌دادن مسیر، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم ازدحام ذرات، سینک۱و۲.

۱- مقدمه

همانطور که می‌دانیم امروزه، مقیاس‌های کوچک شبکه به سرعت در حال پیشرفت هستند و همچنین سطح بالایی از تحرک و قابلیت دسترسی را پشتیبانی می‌کنند. شبکه‌های حسگر بی‌سیم از یک گروه حسگرها با اندازه‌ی کوچک تشکیل شده‌اندکه محیط فیزیکی را حس کرده و بر روی آن نظارت می کنند و کاربردهای زیادی را در حوزه‌های متعدد مانند: نظامی، کشاورزی، شبکه‌های خانگی نظارت بر سلامتی و غیره دارند[۲]. پیشرفت‌های اخیر در الکترونیک کاشت حسگرهای زیست پزشکی را در بدن انسان قادر ساخته است. این حسگرها قادر به ارسال داده‌های حس شده به سینک یا یک مرکز پزشکی خارجی برای تجزیه و تحلیل بیشتر هستند. به منظور استفاده از مزایای ارتباطات بی‌سیم در مراقبت‌های بهداشتی، اصطلاح شبکه‌های بی‌سیم سطح بدن به طور اولیه توسط وَن دَم و همکارانش در سال ۲۰۰۱ معرفی شد[۴]. یک شبکه بی‌سیم سطح بدن شامل تعدادی حسگر هوشمند، کم توان و کوچک کاشته شده یا متصل شده روی بدن انسان است. مسیریابی چندگامی پیوندهای قوی‌تری نسبت به انتقال تک‌گامی به وجود می‌آورد که

www.SID.ir

باعث افزایش قابلیت اطمینان سیستم (به صورت کلی) می‌شود. اما گام‌های بیشتر (به طور متوسط) مصرف انرژی کل را بالا می‌برد که در این شبکه ها مصرف انرژی بسیار مهم است، همچنین الگوریتم ژنتیک هزینه محاسباتی بالایی دارد و در دوبار اجرا جواب‌های متفاوتی می‌دهد، یک جواب خوب پیدا می‌کند اما ممکن است جواب بهینه نباشد. به این دلیل در این مقاله الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات با استفاده از دو سینک برای شبکه های بی‌سیم سطح بدن (به نام PSO-WBAN) برای غلبه بر معایب ذکر شده پیشنهاد شده است. در شبکه‌های بی‌سیم سطح بدن، گره‌های حسگر منبع انرژی محدودی دارند و این گره‌های حسگر با باتری کار می‌کنند. بنابراین، انتقال داده‌ها از گره‌های حسگر به سینک با استفاده از حداقل انرژی، اجباری است. چالش دیگر در این شبکه، شارژ مجدد باتری‌های گره‌های حسگر پس از تخلیه است، بنابراین پروتکلی که کمترین انرژی را مصرف کند و همچنین از الگوریتمی بهتر از الگوریتم ژنتیک استفاده کند لازم است که در این مقاله الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات با استفاده از دو سینک پیشنهاد شده است.

۲- مروری بر تحقیقات انجام شده

۲-۱- شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن در برابر شبکه های حسگر:

در شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن محدودیت‌های انرژی سخت‌تر و مهم‌تر از شبکه‌های حسگر بی‌سیم معمولی هستند، زیرا جایگزین گره در شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن ممکن است خیلی سخت باشد و حتی برای برخی از گره‌های کاشته شده ممکن است نیاز به عمل جراحی باشد. افزایش طول عمر شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن به منظور جلوگیری از جایگزینی یا شارژ مجدد گره‌ها ضروری است[۸]. علاوه بر این، هنگامی‌که گره‌های موجود بر روی بدن دارای باتری و آنتن کوچکتری هستند، بازده انرژی بیشتری نیاز است[۳]. با توجه به چالش‌های ذکر شده در شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن، پروتکل‌های مسیریابی که در شبکه های حسگر بی‌سیم معمولی استفاده می‌شوند، برای شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن مناسب نیستند. شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن شامل یکسری حسگرهای ناهمگن هستند که در آن، خاموش شدن و یا مردن یک گره ممکن است منجر به خسارات جبران ناپذیری شود. خلاصه اگر چه چالش‌های زیادی در شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن و شبکه های حسگر بی‌سیم شبیه هم هستند، تفاوت‌های اساسی بین آنها وجود دارد که باید مطرح شوند. در جدول (۱) یک بررسی اجمالی از تفاوت‌های بین شبکه‌های حسگر بی‌سیم و شبکه‌های حسگر بی‌سیم سطح بدن خلاصه شده است.

جدول (۱) : تفاوت‌های بین شبکه‌های حسگر بی‌سیم و شبکه‌های حسگر بی‌سیم سطح بدن، براساس مقاله[۳] و[۸]

چالش‌ها	شبکه های حسگر بی‌سیم	شبکه های بی‌سیم سطح بدن
مقیاس	محیط نظارت شده (برحسب متر یا کیلومتر)	بدن انسان (برحسب سانتی متر یا متر)
تعداد گره ها	تعداد زیادی گره اضافی و زائد در عرض محیط	گره های کمتری در فضایی محدود
وظیفه گره	وظایف اختصاصی	وظایف چندگانه
تعداد گام	تک گامی یا چند گامی	فقط تک گامی و دو گامی
اندازه گره	ترجیحا کوچک	ضرورتاً و حتماً کوچک
نرخ داده	بیشتر اوقات همگن	بیشتر اوقات همگن
توپولوژی شبکه	بیشتر اوقات ثابت و ایستا	پویا، به دلیل حرکت بدن
تعویض یا جایگزینی گره ها	اغلب به آسانی	سخت، برای حسگرهای کاشته شده
ظرفیت باتری	زیاد	کم
دسترسی به منبع تغذیه	در دسترس، بیشتر اوقات جایگزینی به راحتی است	غیر قابل دسترس، جایگزینی خیلی سخت است
منبع انرژی	انرژی باد، خورشید و ...	بیشتر اوقات حرکت و یا گرمای بدن
امنیت	پایین	بالا (اطلاعات بیمار)

۲-۲- پروتکل‌های مسیریابی موجود برای شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن

۲-۲-۱- پروتکل‌های مبتنی بر خوشه بندی:

الگوریتم های مبتنی بر خوشه‌بندی گره‌های حسگر را به خوشه‌های جداگانه تقسیم می‌کنند و در هر خوشه یک سرخوشه مشخص می‌کنند. هر سرخوشه بسته‌های داده را از گره‌های عضو خودش دریافت می‌کند و سپس بسته‌های داده جمع آوری شده را به سینک انتقال می‌دهد. معایب اصلی این الگوریتم‌ها این است که آنها در طول خوشه‌بندی کردن و انتخاب سرخوشه‌ها تأخیر و سربار اضافی تولید می‌کنند[۸]. در مقاله[۱۰] یک الگوریتم خوشه‌بندی داده پیشنهاد شده است که از پروتکل مشهور LEACH استفاده می‌کند[۱۱]. پروتکلLEACH برای اینکه اتلاف انرژی را در میان تمامی حسگرها توزیع کند، سرخوشه‌ها را به صورت تصادفی و در فاصله‌های زمانی متوالی انتخاب می‌کند. این الگوریتم از مکانیزم خود انتخابی تصادفی استفاده می‌کند که در آن هر گره خودش برای سرخوشه بودن در یک روش کاملاً توزیع شده، تصمیم می‌گیرد بدون اینکه هیچ کنترلی در سرور مرکزی وجود داشته باشد. پروتکل LEACH تمامی بسته‌های داده‌ی جمع آوری شده توسط سرخوشه-ها را برای ارسال به سینک، مستقیم فرض می‌کند.

۲-۲-۲- پروتکل‌های آگاه از درجه حرارت:

پروتکل‌های آگاه از درجه حرارت برای متعادل کردن گرمای تولید شده توسط گره‌های حسگر استفاده می‌شوند. این عامل باید در طراحی شبکه های حسگر بی‌سیم سطح بدن در نظر گرفته شوند. نرخ مخصوص جذب[۱۲]، پارامتری است که میزان انرژی جذب شده‌ی ناشی از تشعشع توسط بافت بدن را تعریف می‌کند. با در نظر گرفتن نرخ مخصوص جذب و بافت عوامل گرمایشیِ گره-ها،M-ATTEMPT[۵] روش کشف hot-spot پیوند را مطرح می‌کند. در موارد عادی، مسیرهای اصلی استفاده می‌شوند. اگر درجه حرارت یک حسگر به حد آستانه‌ی از پیش تعریف شده برسد، گره از پیوند خودش برای دورهای

www.SID.ir

فعلی با یک مسیر دیگر صرف نظر می‌کند. هرزمان درجه حرارت به وضعیت عادی برگشت، مسیر اصلی برمی‌گردد. این پروتکل ابتدا مسیری را که دارای تعداد گام کمتری است، انتخاب می‌کند. اگر تعداد مسیرهایی که همان تعداد گام را دارند بیشتر از یکی باشند، در مرحله‌ی دوم، مسیری که کمترین مصرف انرژی را دارد انتخاب می‌کند. تابع هدف M-ATTEMPT به صورت فرمول(۱) است:

$$OF(i) = \text{Energy Consumption}(i),\ i = 1, 2, \ldots, n \qquad (۱)$$

رایج‌ترین عیب تکنیک‌های آگاه از درجه حرارت این است که قابلیت اطمینان و طول عمر شبکه به طور مؤثر در آن‌ها در نظر گرفته نشده است[۸].

۲-۲-۳- پروتکل‌های احتمالاتی:

پروتکل‌های احتمالاتی برای تشخیص تغییرات در حالت و حل مشکلات قطعی ارتباط استفاده می‌شوند. این تکنیک‌ها تابع هدف را در یک زمان واقعی براساس اطلاعات پیوند جاری به روز رسانی می‌کنند و مسیرها را با حداقل هزینه مشخص می‌کنند. پروتکل مسیریابی SIMPLE[۶]، علاوه بر استفاده از سطح انرژی گره‌های کاندید، از فاصله‌های بین آنها و سینک نیز استفاده می‌کند. تابع هدف SIMPLE برای انتخاب یک گره کاندید i به عنوان گره والد از فرمول (۲) استفاده می‌کند.

$$Cost(i)=(Distance(i))/(Residual\ Energy(i))\ i=1,2,..,n \qquad (۲)$$

با این حال وضعیت جاری گره‌ها (مانند فاصله‌ی بین گره بررسی شده و گره‌های کاندید و فاصله‌ی بین گره‌های کاندید و سینک) در SIMPLE محاسبه و در نظر گرفته نمی‌شوند. در مقاله [۲۶]، حرکات بدن انسان از طریق یک روش فرصت‌طلبانه مورد توجه قرار می‌گیرند تا احتمال اتصال بالا را تضمین کند.

۲-۲-۴- پروتکل مسیریابی DSS:

پروتکل مسیریابی DSS یک پروتکل مبتنی بر دو سینک است که کارآیی آن از نظر طول عمر شبکه، توان عملیاتی و تأخیرخیلی خوب است زیرا به جای یک سینک از دو سینک فعال استفاده می‌کند. دلیل دیگر بهتر عمل کردن DSS نسبت به سایر پروتکل‌ها این است که تعداد بیشتری از گره‌ها به طور مستقیم و به روش anycasting با سینک ارتباط برقرار می‌کنند. همچنین این پروتکل انتقال اطلاعات را در زمان کمتری نسبت به سایر پروتکل‌های نامبرده انجام می‌دهد[۱۷].

۲-۲-۵- پروتکل مسیریابی EMRP:

این پروتکل برای اینکه بر اساس خصوصیات کاربردی بهینه‌سازی را انجام دهد از یک الگوریتم بهینه‌سازی به‌نام الگوریتم ژنتیک استفاده کرده است و همچنین تابع برازندگی داخل الگوریتم ژنتیک باعث می‌شود که پارامترهای داخل پروتکل مسیریابی به صورت خودکار تنظیم شوند. در این پروتکل طبق استاندارد IEEE 802.15.6 تنها از یک‌گام یا دوگام برای ارسال بسته‌ها استفاده می‌شود[۱۸].

۳- الگوریتم پیشنهادی

با توجه به معایبی که الگوریتم‌های پیشین دارند ما در این‌جا الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات مبتنی‌بر دو سینک را برای شبکه‌های بی‌سیم سطح بدن پیشنهاد می‌کنیم.

۳-۱- مدل ارتباطی

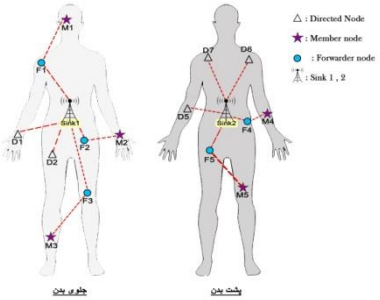
۳-۱-۱- مدل شبکه

در این الگوریتم فقط ارتباطات تک‌گامی و یا دوگامی در شبکه مجاز است. بنابراین یک مدل شبکه با حداکثر دوگام برای انتقال مطرح می‌شود. در این مقاله نیز حسگرهای پشت و کناره بدن انسان به خوبی حسگرهای جلویی بدن بررسی می‌شود. مدل شبکه در شکل (۱) نشان داده شده است. تمامی حسگرها در قسمت‌های مهم بدن قرار داده شده‌اند تا داده‌های محلی بیمار مثل الکتروکاردیوگرام، سطح گلوکز خون و غیره را حس کنند. سینک۱ در جلوی بدن و سینک۲ در پشت بدن قرار داده می‌شود. همان‌طور که در شکل (۱) می‌بینید در صورتی‌که که یک سینک وجود داشته باشد ایجاد ارتباط با سینک و انتقال مستقیم داده به سینک برای گره‌های حسگری مانند M_4 و M_5 که در پشت بدن قرار دارند، مشکل است، زیرا عبور از طریق بدن انسان احتمال ارتباط کمتری دارد و از دست دادن مسیر بیشتری دارد. هر گره مجهز به GPS است، بنابراین مکان واقعی خودش و مکان هر دو سینک را می‌شناسد. ارتباطات از طریق پیوندهای بی سیم انجام می‌شود. تمامی حسگرها قادر به ارتباط با هر گره دیگری به خوبی ارتباط با سینک‌ها، هستند. عملیات شبکه به دورهای جداگانه ای تقسیم می‌شود. در هر دور هر گره داده‌های محلی‌اش را حس می‌کند و آن را به سینک ارسال می‌کند (به صورت مستقیم یا از طریق گره والد). همان‌طور که در شکل (۱) دیده می‌شود، تمامی گره‌ها می‌توانند به سه دسته طبقه بندی شوند:

۱) گره مستقیم (D_i): که بسته داده‌اش را به صورت مستقیم به سینک انتقال می‌دهد.

۲) گره عضو (M_i):که بسته‌ی داده‌اش را از طریق یک گره والد انتقال می‌دهد.

۳) گره والد (F_i): که تمامی بسته‌های داده‌ی عضو خود را جمع می‌کند و آنها را به خوبی بسته‌ی داده‌ی خودش به سینک انتقال می‌دهد.



شکل (۱) : مدل شبکه

www.SID.ir

مرحله‌ی انتقال داده در هر دور در دو بازه‌ی زمانی متوالی انجام می‌شود. در اولین فاصله زمانی، هر گره عضو داده‌اش را به گره والد مربوط به خودش می‌فرستد. سپس در فاصله‌ی زمانی دوم، همه‌ی گره‌های مستقیم و گره‌های والد بسته داده‌شان را به سینک انتقال می‌دهند.

۳-۱-۲- مدل از دست دادن مسیر

از دست دادن مسیر می‌تواند به عنوان اختلاف بین قدرت انتقال سیگنال و قدرت دریافت در گره گیرنده تعریف شود. این نشانگر تضعیف سیگنال است و

با واحد دسی بِل اندازه‌گیری می‌شود[۶]. در شبکه‌های بی‌سیم سطح بدن سیگنال ممکن است تحت تأثیر حالات مختلف حرکت بدن، پاها و دست‌ها قرارگیرد. در فرمول(۳) از دست دادن مسیر به عنوان یک تابع با فاصله d (بین فرستنده و گیرنده) و فرکانس f تعریف می‌شود[۱۴]:

$$PL(f,d) = pl_0 + 10\,\eta\,\log_{10}[d/d_0\,] + X_\sigma \qquad (۳)$$

که d_0 فاصله‌ی مرجع است، X_σ یک عدد تصادفی گواسیانی است با میانگین صفر و انحراف معیار σ و η نشانگر از دست دادن مسیر است. علاوه بر این، PL_0 توان دریافت شده در d_0 و می‌تواند به شکل فرمول (۴) بیان شود، که در آن C سرعت نور است.

$$PL_0 = 20\,\log_{10}[(4\pi d_0\, f)/c] \qquad (۴)$$

برخلاف شبکه های حسگر بی‌سیم دارای فضای آزاد که در آن از دست دادن مسیر با نماد η، ۲ است. در شبکه های بی‌سیم سطح بدن به دلیل ارتباط از طریق بدن، بسیار بالاتر است[۱۳]. در شبکه های بی‌سیم سطح بدن η برای خط دید مستقیم بین۳-۴ و برای خط دید غیر مستقیم بین ۵-۷ متغیر است[۷]. مقدار معمولیd_0، ده سانتی متر است. لازم به ذکر است که پیش بینی دقیق قدرت سیگنال بین گره فرستنده و گره گیرنده آسان نیست. بنابراین متغیر انحراف معیار X_σ تصادفی در فرمول (۳) اضافه شده است.

۳-۱-۳- مدل مصرف انرژی

در این مصرف انرژی در گره فرستنده (E_T) و در گره گیرنده (E_R) برای انتقال بسته داده k بیتی با فاصله d بین آنها می‌تواند به ترتیب به شکل فرمول‌های (۵) و(۶) باشد [۷]، که در آن $E_{T\text{-}elec}$ و $E_{R\text{-}elec}$ انرژی از دست رفته (بر حسب بیت) در مدارات الکتریکی هستند و E_{amp} مصرف انرژی تقویت کننده در گره فرستنده است.

$$E_T(k,d) = E_{T\text{-}elec} * k + E_{amp} * k * d^{\eta} \qquad (۵)$$

$$E_R(k) = E_{R\text{-}elec} * k \qquad (۶)$$

۳-۲- مدل مسیریابی

پروتکل مسیریابی در این الگوریتم متمرکز است، که در آن تمامی محاسبات برای مسیریابی در سینک‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور خاص، سینک‌ها در شروع هر دور، اطلاعاتی در مورد انرژی باقی‌مانده و مکان فعلی تمامی گره‌های حسگر، جمع‌آوری می‌کنند. بنابراین سینک‌ها از مکان فعلی و همچنین انرژی باقی مانده‌ی تمامی گره‌ها در هر دور، آگاه هستند. عملیات موجود در هر دور را می‌توان به مرحله‌ی راه اندازی و مرحله‌ی حالت پایدار تفکیک کرد. در طول مرحله‌ی راه اندازی، انتخاب مسیری مناسب برای هر گره انجام می‌شود. برطبق تابع هدف، تک گامی (انتقال مستقیم به سینک) یا دو گامی (انتقال از طریقیک گره والد) بودن برای هر گره انتخاب می‌شود. اگر تک گامی کارایی بهتری داشته باشد، آن گره به عنوان یک گره مستقیم (یا والد) مشخص می‌شود. اگر گره یک گره عضو داشته باشد، آن یک گره والد است و در غیر این صورت یک گره مستقیم است. وقتی که تمامی مسیرها انجام شدند، سینک‌هایک زمان‌بندی را ایجاد می‌کنند تا مشخص شود که گره‌های والد و مستقیم چه زمانی می‌توانند بسته‌های داده‌ی خود را به سینک انتقال دهند. سپس سینک‌ها یک پیام خبری حاوی نتایج مسیریابی و زمان بندی (زمان بندی۱) را بین گره های مستقیم و والد پخش می‌کنند. هر گره والد گره‌های عضو خودش را اعلام می‌کند که یعنی والد آنها در مسیر جاری است و همچنین زمانی را که می‌توانند با گره والد ارتباط برقرار کنند بیان می‌کند. در طول مرحله‌ی حالت پایدار، هر گره عضو در فاصله‌ی زمانی مشخص شده در زمان بندی۱ داده‌اش را به گره والد خودش ارسال می‌کند. تمامی گره‌های مستقیم و والد بسته‌های داده‌شان را برطبق زمان‌بندی ۲، به سینک مورد نظر و نزدیکتر ارسال می‌کنند. در زمان‌بندی۲ هر گره مستقیم فقط بسته‌ی داده‌ی خودش را ارسال می‌کند، در حالی که هر والد داده‌های خودش و همچنین بسته‌ی داده‌ی همه‌ی گره‌های عضو خود را نیز ارسال می‌کند.

۳-۲-۱- انتخاب انتقال دوگامی یا مستقیم

در این‌جا تنها ارسال تک گامی (گره‌های مستقیم و والد) و دو گامی (گره‌های عضو) برای ایجاد ارتباط مجاز هستند. بنابراین مسئله‌ی مسیریابی می‌تواند به دو مرحله ساده تقسیم شود، در مرحله‌ی۱، مشخص می‌شود که ارتباط هر گره تک گامی باشد یا دو گامی و سپس در مرحله‌ی۲، یک گره والد مناسب برای هر گره دو گامی (عضو) باید انتخاب شود. برای هر گره مورد بررسی، تمامی گره‌های دیگر برای گره والد شدن ارزیابی می‌شوند. در این الگوریتم، هر گرهی که تمامی شرایط معادلات(۷) را برآورده کند، در لیست گره های کاندید برای گره والد شدن گره مورد بررسی، اضافه می‌شود.

$$PL_{(i)} \le \alpha * PL_{(Direct)},\quad i=1,2,\ldots,n\ ،\ i \neq \text{study node} \qquad (۱\text{-}۷)$$

$$EC_{(i)} \le \beta * EC_{(Direct)},\quad i=1,2,\ldots,n\ ،i \neq \text{study nod} \qquad (۲\text{-}۷)$$

$$RE_{(i)} \ge \delta * \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} RE(j),\quad i=1,2,\ldots,n\ ،i \neq \text{study node} \qquad (۳\text{-}۷)$$

که n تعداد حسگرهای زنده است و $PL(i) = PL_1(i) + PL_2(i)$ در معادله (۱-۷)، $PL_1(i)$ از دست دادن مسیر اولین پیوند از گره مورد بررسی به گره رله‌ی i است، $PL_2(i)$ از دست دادن مسیر دومین پیوند از گره رله‌ی i به سینک است و PL (مستقیم) از دست دادن مسیر انتقال مستقیم گره مورد بررسی به سینک مورد نظر است. در معادله‌ی (۲-۷)، $EC_1(i)$ و $EC_2(i)$ و $EC_{(Direct)}$ به ترتیب انرژی از بین رفته‌ی شبکه ناشی از انتقال اولین پیوند، دومین پیوند و انتقال مستقیم هستند. در معادله‌ی (۳-۷) $RE_{(i)}$ سطح انرژی

www.SID.ir

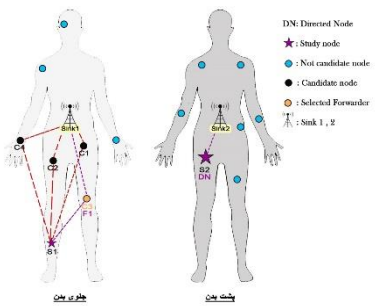
(انرژی باقی‌مانده) گره i است. علاوه بر این، α $(0.5 < \alpha < 2)$، β $(0.5 < \beta < 2)$ و δ $(0 < \delta < 1)$، سه پارامتر ثابت برای تنظیم مدل انتخابی بین ارتباط تک گامی و یا دو گامی هستند. بعد از ارزیابی تمامی گره‌های حسگر اگر مجموعه‌ی کاندیدها خالی است، گره مورد بررسی به عنوان گره تک گامی (مستقیم یا والد) مشخص می‌شود. در غیر این صورت گره مورد بررسی یک گره دو گامی (عضو) است. برای دومی، یک گره از مجموع گره-های کاندید به عنوان والد برطبق تابع هدف پیشنهادی انتخاب می‌شود. این فرآیند از طریق یک مثال در شکل (۲) نشان داده شده است. برای گره مورد بررسی S_1 تمامی ۱۵ گره بر طبق معادله‌ی۷ ارزیابی می‌شوند. در میان آنها چهار گره C_1، C_2، C_3 و C_4 دو شرط را برآورده می‌کنند. بنابراین گره مورد بررسی به عنوان گره دوگامی (عضو) مشخص می‌شود و چهار گره عضو برای گره والد بودن ارزیابی می‌شوند. برطبق تابع هدف پیشنهادی، گره کاندید C_3 سرانجام به عنوان والد گره مورد بررسی S_1 انتخاب می‌شود. در پشت بدن نیز گره S_2 مورد بررسی قرار می‌گیرد و تمامی ۱۵ گره دیگر طبق معادله‌ی۷ ارزیابی می‌شوند و هیچکدام از ۱۵ گره دو حالت معادله‌ی۷ را برآورده نمی-کنند، بنابراین S_2 به عنوان یک گره تک گامی مشخص می‌شود.

۳-۲-۲- استراتژی انتخاب والد

الگوریتم پیشنهادی از انرژی باقی مانده‌ی گره‌های کاندید، فاصله‌ی آنها تا گره مورد بررسی و همچنین سینک، از دست دادن مسیر تخمین زده‌ی کلی و مصرف انرژی تخمین زده‌ی کلی برای انتخاب والد مناسب برای هر گره عضو (دوگامی) استفاده می‌کند. این الگوریتم یک گره والد که سطح انرژی بالا (F_1) حداقل فاصله‌ی کلی دو پیوند (F_2) حداقل مصرف انرژی (F_3) و حداقل از دست دادن مسیر (F_4) را دارد، انتخاب می‌کند. تابع چند هدفی(حداقل مقدار) برای انتخاب گره کاندید می‌تواند به شکل فرمول(۸) باشد:

$$\text{Minimize:}OF(i)=W_1F_1(i)+W_2F_2(i)+W_3F_3(i)+W_4F_4(i), \forall i \in CN \quad (۸)$$

که W_1، W_2، W_3و W_4 پارامترهای وزن $(w_1+ w_2 + w_3 + w_4 = 1)$ برای تطبیق دادن اهمیت نسبی چهار هدف F_1 تا F_4 هستند. CN مجموعه-ای از گره‌های کاندید است. چهار عنصر هدفِ تابع چند هدفی برای هر گره کاندید i می‌تواند بر طبق معادلات فرمول‌های (۹) تا (۱۲) باشد. لازم به ذکر است که هر یک از عناصر هدف F_1 تا F_4 در محدوده [۰،۱] محاسبه شده است و واحد آن درصد است.



شکل (۲) :انتخاب والد مناسب برای گره مورد بررسی

$$F_1(i)=\frac{RE(i)^{-1}}{\sum_{j=CN}(RE(j)^{-1})} \quad (۹)$$

$$F_2(i)=\frac{D_1(i)+D_2(i)}{\sum_{j=CN}(D_1(j)+D_2(j))} \quad (۱۰)$$

$$F_3(i)=\frac{EC_1(i)+EC_2(i)}{\sum_{j=CN}(EC_1(j)+EC_2(j))} \quad (۱۱)$$

$$F_4(i)=\frac{PL_1(i)+PL_2(i)}{\sum_{j=CN}(PL_1(j)+PL_2(j))} \quad (۱۲)$$

پارامتر انرژی باقی مانده در معادله (۹) اتلاف انرژی را در بین همه‌ی حسگرها متوازن می‌کند. بر طبق اولین عنصر هدف (F_1)، گره با سطح انرژی بالاتر شانس بیشتری برای انتخاب به عنوان والد دارد. در معادله‌ی(۱۰)، $D_1(i)$ فاصله از گره مورد بررسی تا گره کاندیدِ i است (فاصله‌ی اولین پیوند)، $D_2(i)$ فاصله‌ی بین گره کاندیدِ i و سینک است (فاصله‌ی دومین پیوند). پارامترهای فاصله و از دست دادن مسیر در معادله (۱۰) و (۱۲) تحویل موفقیت آمیز بسته به سینک را تضمین می‌کنند. علاوه بر این، F_3 در معادله (۱۱) برای به حداقل رساندن اتلاف کلی انرژی شبکه در نظر گرفته می‌شود. هنگامی که تابع هدف پیشنهادی برای همه‌ی گره‌های کاندید ارزیابی می‌شود، گره‌ای که کمترین مقدار از تابع هدف را دارد به عنوان والد گره مورد بررسی انتخاب می‌شود. این الگوریتم برای همه‌ی گره‌های عضو برای ایجاد تمامی مسیرها، انجام می-شود.

۳-۳- بهینه سازی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات

الگوریتم پیشنهادی هفت پارامتر قابل کنترل دارد شامل:α (در معادله ۱-۷)، β(در معادله ۲-۷)، δ(در معادله ۳-۷)، W_1، W_2، W_3 و W_4(در معادله ۸). انتخاب مناسب این پارامترها خیلی مهم است. بنابراین یک روش بهینه سازی خودکار برای تنظیم کردن پارامترها براساس مشخصه‌های برنامه کاربردی اجرا می‌شود. چندین پروتکل خوشه‌بندی مخصوص برنامه کاربردی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم وجود دارد [۹]،[۱۶-۱۵]، که پارامترهایشان را به صورت خودکار مطابق با برنامه کاربردی تنظیم می‌کنند. با این حال مدل پیشنهادی ما یک پروتکل مسیریابی دوگامی مخصوص برنامه کاربردی برای شبکه های بی‌سیم سطح بدن است. در این مقاله از الگوریتم ازدحام ذرات استفاده شده است تا باعث بهبود در کارایی پروتکل مسیریابی EMRP شود. الگوریتم ازدحام ذرات یک الگوریتم بهینه‌سازی است که برای اولین بار توسط کِنِدی و اِبرهارت در سال ۱۹۹۵ مطرح شد. این الگوریتم با یک ماتریس جمعیت تصادفی اولیه شروع می شود و هر عنصر جمعیت، یک ذره نامیده می‌شود و سپس دو مرحله ی ارزیابی جمعیت و به روزآوری جمعیت به صورت متوالی اجرا می‌شوند و برای هر ذره دو مقدار وضعیت و سرعت تعریف می‌شود که به ترتیب با یک بردار مکان و یک بردار سرعت مدل‌سازی می‌شوند. تابع برازندگی را می‌توان براساس یک یا چند کارایی شبکه مانند: طول عمر، از دست دادن مسیر یا هر معیار دیگری بر طبق خصوصیات برنامه کاربردی تعریف کرد. فلوچارت کلی الگوریتم بهینه‌سازی را می‌توان در شکل (۳) مشاهده کرد. انتهای تعداد تکرار از پیش تعیین شده به عنوان معیار توقف الگوریتم ازدحام ذرات

www.SID.ir

در نظر گرفته می‌شود. هنگامی‌که تعداد معینی از تکرارها بدست آمد، الگوریتم پایان می‌یابد و بهترین راه حل سراسری بدست آمده تا کنون به عنوان راه‌حل نهایی الگوریتم تعیین می‌شود.

۳-۳-۱- ارائه مسئله

پروتکل مسیریابی الگوریتم پیشنهادی هفت پارامتر قابل کنترل دارد شامل: α و β و δ و W_1 و W_2 و W_3 و W_4. هر تغییری در مقدار این پارامترها در عملکرد پروتکل پیشنهادی تأثیر می‌گذارد. بنابراین پروتکل پیشنهادی یک پروتکل مسیریابی وفقی است که عملکردش می‌تواند به طور مشخص براساس مشخصه‌های ضروری برنامه کاربردی طراحی شود. برای مثال اگر از دست دادن مسیر مهم‌تر از سایر مشخصه‌ها است، مقدار W_3 باید بزرگتر از سه وزن دیگر در معادله (۸) باشد. در شکل(۴) یک راه حل عملی و امکان‌پذیر برای تنظیم پارامترهای الگوریتم پیشنهادی نشان داده شده است. هر وزن در معادله‌ی (۸) باید در رنج [۰,۱] بهینه شود که در آن $W_1+W_2+W_3+W_4=1$ است. علاوه بر این، رنج α، β [۲, ۰/۵] است و رنج δ [۰,۱] است. به طور خاص، برای هر راه حل عملی و امکان پذیر در الگوریتم ازدحام ذرات، $0<S(k)<1(\forall k=1,2,3,4,7)$ و $0.5<S(k)<2(\forall k= 5, 6)$ است. به منظور نرمال کردن W_1، W_2، W_3 و W_4 مقدار این پارامترها به صورت فرمول(۱۳) تغییر می‌کند:

$$W_i=\frac{W_i}{(W_1+W_2+W_3+W_4)} \qquad (۱۳)$$

۳-۳-۲- تولید جمعیت اولیه‌ی تصادفی:

در ابتدا جمعیت اولیه به صورت تصادفی تولید می‌شود. برای ساخت یک راه حل تصادفی، یک عدد تصادفی یکنواخت برای هر ذره در محدوده‌ی مرزی از پیش تعیین شده‌ی آن ذره تولید می‌شود.

۳-۳-۳- ارزیابی تابع برازندگی

پروتکل مسیریابی الگوریتم پیشنهادی یک پروتکل مخصوص برنامه‌ی کاربردی است که می‌تواند به صورت تطبیقی از طریق الگوریتم ازدحام ذرات برطبق مقررات برنامه کاربردی بهینه شود. الگوریتم بهینه سازی در یک طرح آفلاین قبل از عملیات شبکه انجام می‌شود. همانطور که اشاره شد تابع برازندگی الگوریتم ازدحام ذرات می‌تواند براساس مشخصه‌های ضروری برنامه کاربردی طراحی شده باشد. با این حال برای تأیید الگوریتم پیشنهادی یک نوعی از تابع برازندگی در معادله‌ی(۱۴) معرفی شده است. در این قسمت هر یک از ذرات که نشان‌دهنده یک راه حل برای استخراج پارامترهای قابل کنترل مربوط به الگوریتم پیشنهادی است، بررسی می‌شود. سپس شبکه از طریق الگوریتم پیشنهادی با پارامترهای استخراج شده، شبیه سازی می‌شود. در نهایت طول مقدار تابع برازندگی (Fitness) برای هر ذره به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Maximize : Fitness(k)} = \alpha_1*\text{FND(k)}+\alpha_2*\frac{(TDP\ (k))}{N}+\alpha_3*\frac{(\text{FND(k)}*PL_0)}{\text{APL(k)}},\ \forall k\in \text{Population} \qquad (۱۴)$$

که α_1،α_2و α_3 وزن ثابت $(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3=1)$ برای تنظیم کردن اهمیت نسبی FND (اولین گره مرده)، TDP (کل بسته های ارسالی به سینک) و APL (میانگین از دست دادن مسیر) در کل تابع برازندگی چند هدفی هستند. به عنوان مثال اگر فقط طول عمر شبکه مهم است، ما باید $\alpha_1=1$ و $\alpha_2=\alpha_3=0$ را تنظیم کنیم. علاوه بر این N تعداد کلی گره‌های حسگر است و PL_0 از دست دادن مسیر در فاصله d_0 مرجع است.

۳-۳-۴- به روز رسانی سرعت و موقعیت:

به روز رسانی سرعت و موقعیت هر ذره شامل سه بخش است: بررسی و تعیین بهترین موقعیت هر ذره و کل ذرات، به روز رسانی سرعت و موقعیت هر ذره، حرکت ذرات. در هر تکرار بهترین سرعت و موقعیت به تکرار بعدی انتقال داده می‌شود. در واقع این قسمت دو حالت دارد:

۱) به روز رسانی موقعیت: اگر در اولین تکرار باشد، موقعیت فعلی هر ذره را به عنوان بهترین موقعیت یاد شده برای آن ذره در نظر می‌گیریم. در سایر تکرارها مقدار هزینه بدست آمده برای ذرات را با مقادیر بهترین هزینه بدست آمده برای تک تک ذرات مقایسه می‌کنیم. اگر این هزینه کمتر از بهترین هزینه‌ی ثبت شده برای این ذره باشد، آنگاه محل و هزینه این ذره جایگزین مقدار قبلی می‌گردد. در غیر این صورت تغییری در محل و هزینه ثبت شده برای این ذره ایجاد نمی‌شود.

۲) به روز رسانی سرعت: سرعت در واقع آن برداری است که جهت حرکت ذره را نشان می دهد. با توجه به بهترین موقعیت ذره مورد نظر و با توجه به بهترین موقعیت در بین تمامی ذرات سرعت ذره‌ی مورد نظر بروز رسانی می‌شود.

بعد از اینکه بهترین موقعیت تعیین شد و جهت حرکت ذره نیز مشخص گردید، ذره به سمت بهترین موقعیت حرکت می کند.

٤- ارزیابی

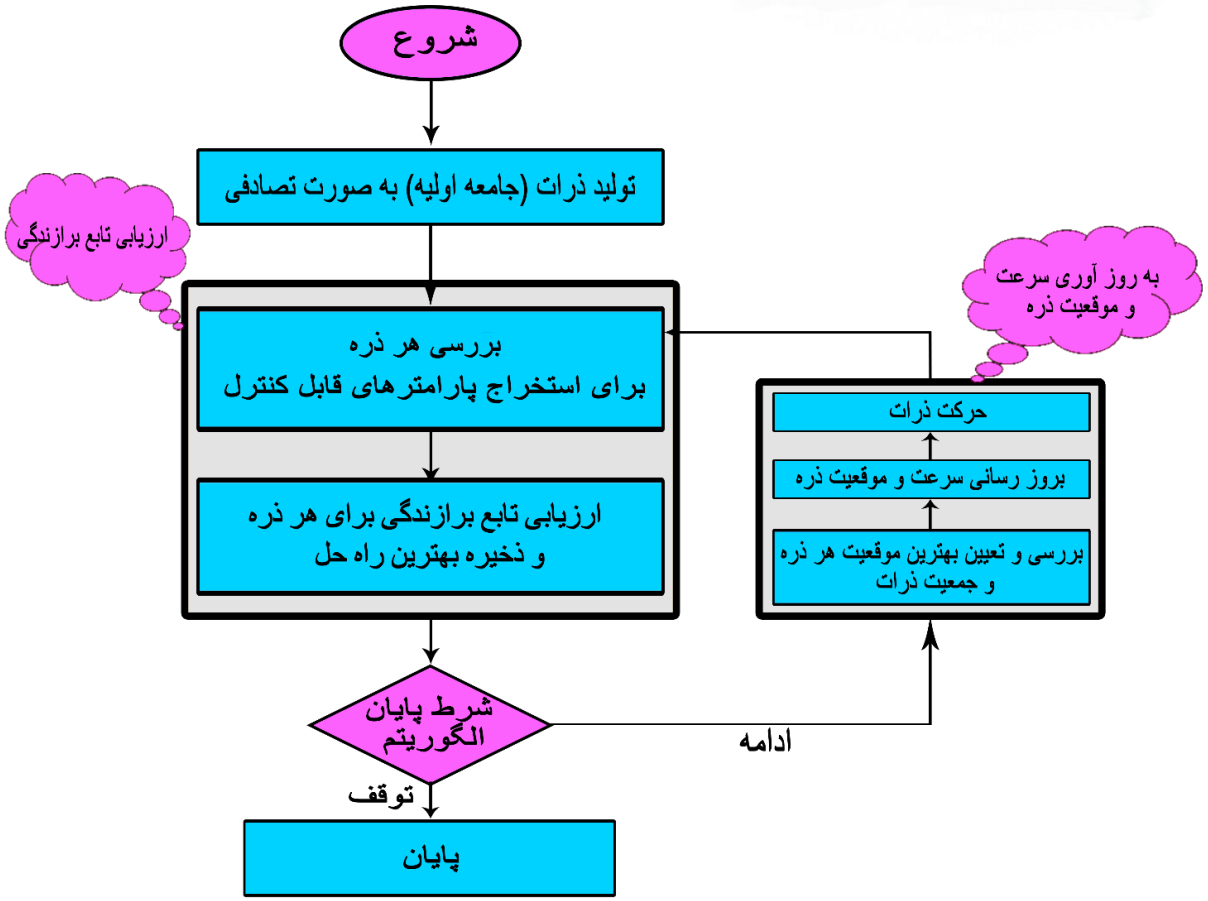
۴-۱- تنظیمات شبیه سازی

تمامی شبیه‌سازی‌ها در MATLAB R2017b انجام شده است. پروتکل مسیریابی پیشنهادی با پرتکل EMRP مقایسه می‌شود. این الگوریتم‌ها درشرایط معیارهای زیر مقایسه می‌شوند:

۱) FND (اولین گره مرده): تعداد دورهای عملکرد شبکه قبل از مردن اولین گره.

۲)LND (آخرین گره مرده): عملکرد شبکه تا زمانی که آخرین گره می‌میرد. به عبارت دیگر،LND کل دورهایی است که در آن حداقل یک گره زنده است.

www.SID.ir



شکل (۳) : فلوچارت کلی برای تنظیم پارامترهای الگوریتم پیشنهادی

$$X \rightarrow \boxed{X_{w1}}\boxed{X_{w2}}\boxed{X_{w3}}\boxed{X_{w4}}\boxed{X_{\alpha}}\boxed{X_{\beta}}\boxed{X_{\delta}}$$

$$V \rightarrow \boxed{V_{w1}}\boxed{V_{w2}}\boxed{V_{w3}}\boxed{V_{w4}}\boxed{V_{\alpha}}\boxed{V_{\beta}}\boxed{V_{\delta}}$$

شکل (٤) : ارائه یک راه حل عملی و امکان پذیر برای تنظیم پارامترهای الگوریتم پیشنهادی

۳) انرژی: نشان دهنده کل انرژی باقی‌مانده همه حسگرها بر حسب دور است.

۴) از دست دادن مسیر: نشان دهنده‌ی میانگین از دست دادن مسیر در تمامی مسیرها بر حسب دور است.

۵) تاخیر: نشان دهنده سرعت ارسال اطلاعات است. هر چه تاخیر کمتر باشد اطلاعات سریع‌تر به مقصد می‌رسند.

تنظیم پارامترهای الگوریتم ازدحام ذرات را می‌توان در جدول (۲) خلاصه کرد. پارامترهای شبیه‌سازی و جزئیات شبکه در جدول (۳) خلاصه شده‌اند.

۴-۲- نتایج شبیه سازی:

با انجام الگوریتم بهینه‌سازی ازدحام ذرات آفلاین، مقادیر بهینه‌ی پارامترهای الگوریتم پیشنهادی به این شکل است:

$w_1=0.32$, $w_2=0.19$, $w_3=0.13$, $w_4=0.36$

$\alpha=1.21$, $\beta=1.35$, $\delta=0.32$

۴-۲-۱- طول عمر شبکه :

شکل (۵) از نظر آماری مقایسه‌ی پرتکل‌های مسیریابی برای طول عمر شبکه را توصیف می‌کند. این شکل نشان دهنده‌ی تعداد گره‌های مرده در هر دور است. علاوه بر این FND، HND، LNDرا می‌توان در شکل (۶) دید. نتایج نشان می‌دهد که پروتکل مسیریابی الگوریتم پیشنهادی پایدارتر از EMRP است. به خصوص برای شبکه‌های بدن که در هنگام مرگ حسگر ممکن است خسارت‌های حیاتی به آنها وارد شود.

۴-۲-۲- انرژی باقی‌مانده

شکل (۷) کل انرژی باقیمانده‌ی شبکه رانشان می‌دهد. به دلیل اثر بخشی و کارایی پروتکل مسیریابی پیشنهادی، انرژی کمتری (به طور متوسط) از تمامی حسگرها در الگوریتم پیشنهادی مصرف می‌شود. بنابراین انرژی بیشتری ذخیره می‌شود و طول عمر شبکه افزایش می‌یابد.

۴-۲-۳- از دست دادن مسیر:

میانگین از دست دادن مسیر از تمامی مسیرها (برای انتقال بسته‌های داده از

www.SID.ir

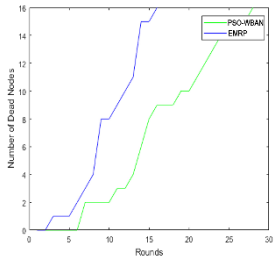
همه‌ی حسگرها) در هر دوره را می توان در شکل (۸) مشاهده کرد. از نظر از دست دادن مسیر، الگوریتم پیشنهادی از EMRP بهتر است.

جدول (۲) : تنظیم پارامترهای ازدحام ذرات

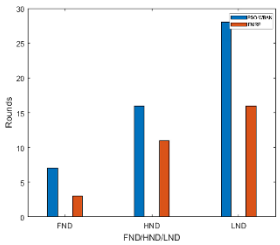
پارامتر	مقدار
تعداد تکرار	۱۰۰
جمعیت	۳۰

جدول (۳) : جزئیات شبکه

پارامتر	مقدار
ناحیه شبیه سازی	۸۰CM *۱۸۰CM*۳۰CM
تعداد حسگرهای جلویی بدن	۸ (۱–۸)
تعداد حسگرهای موجود در پهلوها	۴ (۹–۱۲)
تعداد حسگرهای پشتی بدن	۴ (۱۳–۱۶)
محل قرار گیری سینک ۱	۳۰CM ، ۹۰CM ، ۴۰CM
محل قرار گیری سینک ۲	۰CM ، ۹۰CM ، ۴۰CM
انرژی اولیه هر حسگر	۰/۰۱ ژول
$E_{T\text{-}elec}$ در فرمول ۷	۱۶/۷ nJ / bit
$E_{R\text{-}elec}$ در فرمول ۸	۳۶/۱ nJ / bit
E_{amp} در فرمول ۷	۱/۹۷ nJ / bit / m^{η}
d_0(فاصله تا مرجع)	۱۰ سانتی متر
c (سرعت نور)	۳×۱۰^{۸} m/s
η (خط دید مستقیم LOS)	۳
η (خط دید غیر مستقیم NLOS)	۶
f (فرکانس)	۲/۴ گیگا هرتز
k اندازه بسته داده	۶۰۰۰ بیت



شکل (۵) :تعداد گره‌های مرده در هر دور



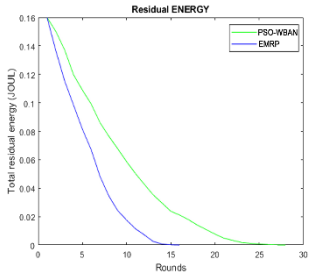
شکل (٦) :تعداد گره‌های مرده در هر دور

۴-۲-۴- تاخیر

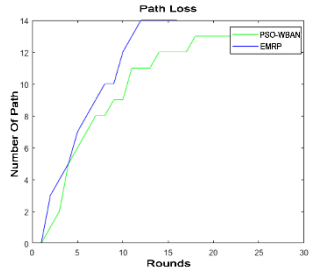
در شبکه های بی سیم سطح بدن، ارسال سریع اطلاعات به خصوص در مواقع اضطراری و اورژانسی بسیار مهم و حیاتی است. سرعت ارسال اطلاعات با میزان تاخیر در شبکه نسبت معکوس دارد، یعنی هرچه تاخیر کمتر باشد در نتیجه اطلاعات سریع‌تر به مقصد می رسند. در این‌جا تاخیر در الگوریتم پیشنهادی بهتر و کمتر از پروتکل EMRP است.(شکل (۹))

۵- نتیجه گیری

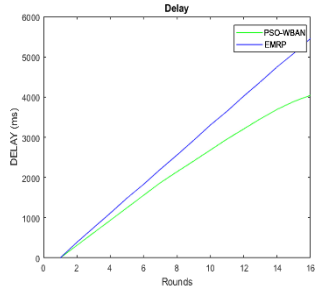
در این مقاله، یک الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات با استفاده از دو سینک برای شبکه های حسگر بی سیم سطح بدن پیشنهاد شده است. الگوریتم پیشنهادی از الگوریتم ازدحام ذرات برای تنظیم پارامترهای برنامه استفاده کرده است و همچنین در این الگوریتم از دو سینک استفاده شده است. روند بهینه‌سازی در یک طرح آفلاین یک بار قبل از شبیه‌سازی اصلی انجام می‌شود. برتری الگوریتم پیشنهادی از طریق آزمایشات ثابت شده است، با توجه به نتایج به دست آمده، الگوریتم پیشنهادی نسبت به الگوریتم قبلی از لحاظ حداکثر طول عمر و همچنین حداقل تاخیر، مصرف انرژی و از دست دادن مسیر، بهتر عمل می‌کند.



شکل (۷) :کل انرژی باقیمانده‌ی شبکه در هر دور



شکل (۸) :میانگین از دست دادن مسیر در هر دور



شکل (۹) :کل تاخیر شبکه در هر دور

www.SID.ir

به عنوان کار آینده، الگوریتم پیشنهادی را می‌توان تحت حرکت بدن، دست‌ها و پاها را ارزیابی کرد و همچنین می توان برای الگوریتم پیشنهادی یک منبـع تامین انرژی در نظر گرفت تا عملکرد شبکه را بالا ببرد.

مراجع

[1] Akyildiz, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E. Wireless sensor networks: a survey. Computer networks 2002; 38(4): 393–422.
[2] Attea, B.A., Khalil EA. A new evolutionary based routing protocol for clustered heterogeneous wireless sensor networks. Applied Soft Computing 2011; 12(7): 1950–1957.
[3] Latre, B., Braem, B., Moerman, I., Blondia, C., & Demeester, P. A survey on wireless body area networks. Wireless Networks 2011; 17(1): 1–18.
[4] Van Dam, K., Pitchers, S., & Barnard, M. Body area networks: Towards a wearable future. In Proceedings of WWRF kick off meeting, Munich, Germany, 2011.
[5] Javaid, N., Abbas, Z., Fareed, M. S., Khan, Z. A., & Alrajeh, N. M-ATTEMPT: A new energy-efficient routing protocol for wireless body area sensor networks. Procedia Computer Science 2013; 19: 224–231.
[6] Nadeem, Q., Javaid, N., Mohammad, S. N., Khan, M. Y., Sarfraz, S., & Gull, M. Simple: Stable in creased-throughput multihop protocol for link efficiency in wireless body area networks. In Eighth International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA), , pp. 221–226, 2013.
[7] Ha, I. Even energy consumption and backside routing: An improved routing protocol for effective data transmission in wireless body area networks. International Journal of Distributed Sensor Networks 2016; 12(7): 1550147716657932.
[8] Shokouhifar, M., & Jalali, A. Optimized sugeno fuzzy clustering algorithm for wireless sensor networks. Engineering applications of artificial intelligence 2017; 60: 16–25.
[9] Watteyne, T., Auge-Blum, I., Dohler, M., and Barthel, D. Anybody: a self-organization protocol for body area networks. In 2nd Int. Conf. on Body Area Networks (BodyNets), Florence, Italy, pp. 8020–8024 2007.
[10] Heinzelman, W. R., Chandrakasan, A., and Balakrishnan, H. Energy efficient communication protocol for wireless microsensor networks. In Proc. 33rd Annu. Hawaii Int. Conf. on System Sciences, 2000.
[11] Moh, M., Culpepper, B. J., Dung, L., Moh, T.-S., Hamada, T., and Su, C. F. On data gathering protocols for in-body biomedical sensor networks. In Proc. of Global Telecommunications Conf, 2005.
[12] Tang, Q., Tummala, N., Gupta S. K. S., and Schwiebert, L. Communication scheduling to minimize thermal effects of implanted biosensor networks in homogeneous tissue. IEEE Trans. Biomed. Eng. 2005; 52: 1285–1294.
[13] Ullah S, Higgins H, Braem B, et al. A comprehensive survey of wireless body area networks. J Med Syst 2012; 36(3): 1065– 1094.
[14] Javaid, N., Khan, N. A., Shakir, M., Khan, M. A., Bouk, S. H., Khan, Z. A. Ubiquitous HealthCare in Wireless Body Area Networks-A Survey. J. Basic Appl. Sci. Res. 2013; 3(4): 747–759.
[15] Shokouhifar M, Jalali A. A new evolutionary based application specific routing protocol for clustered wireless sensor networks. AEU-International Journal of Electronics and Communications 2015; 69(1): 432–441.
[16] Shokouhifar M, Hassanzadeh A. An energy efficient routing protocol in wireless sensor networks using genetic algorithm. Advances in Environmental Biology 2014; 8(21): 86–93.
[17] Ahad. A, Al Faisal. S, Ali. F, Jan. B and Ullah. N; Design and Performance Analysis of DSS (Dual Sink Based Scheme) Protocol for WBASNs. November 23, 2017. Advances in Remote Sensing, 6, 245-259.
[18] Hojjatollah Esmaeili, Behrouz Minaei Bidgoli. EMRP: Evolutionary-based Multi-hop Routing Protocol for Wireless Body Area Networks. International Journal of Electronics and Communications. 18 February 2018. S1434-8411(18)30438-2

www.SID.ir