

ارایه یک الگوریتم مسیریابی نوین آگاه از انرژی جهت جمع آوری داده ها مبتنی بر سینک های متحرک در شبکه های حسگر بی سیم

امید نادری¹، بهرنگ برکنین²

1- گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف اباد، اصفهان، ایران
2- استاد بار دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف اباد، نجف اباد، ایران

خلاصه

امروزه در شبکه های حسگر² بی سیم موضوع مسیریابی سینک های³ متحرکی که دارای هیچ گونه مسیر از پیش تعریف شده ای نیستند با هدف رسیدن به عملکردی بهتر از سینک (های) ثابت مورد توجه زیادی واقع شده است. در این مقاله سعی داریم تا روشی نوین در مسیریابی⁴ این گونه شبکه ها معرفی کنیم. در شبکه های حسگر معمولاً رویدادی در محیط رخ می دهد و گره های حسگر اطراف این رویداد فعال شده و آثار ناشی از این رویدادها را حس کرده و اطلاعات حس شده را به یک موجودیت مرکزی به نام گره چاهک یا ایستگاه پایه منتقل می کنند. از آنجا که گره های اطراف، یک رویداد را مشاهده می کنند، معمولاً داده های یکسانی را ثبت و گزارش می دهند، اما مسئله ای که به وجود می آید این است که ارسال اطلاعات تکراری به گره چاهک پیامدهایی دارد که بر کارایی شبکه و میزان مصرف انرژی تاثیر می گذارد. از این رو ما یک روش خوشه بندی نوین را مطرح کردیم که در آن یک سرخوشه اصلی که تنها وظیفه مسیریابی را دارد و یک سرخوشه ثانویه وظیفه جمع آوری و تجمیع داده ها و ارسال آنها برای سرخوشه اصلی را دارد. سرخوشه اصلی هم با استفاده از الگوریتم بهینه سازی کلونی زنبور عسل⁵ داده ها را برای نقاط سرکشی⁶ ارسال می کند

واژه های کلیدی: شبکه های ادهاک، تئوری مسیریابی زنبور عسل، مسیریابی در شبکه های حسگر بی سیم.

1- مقدمه

از شبکه های حسگر در شرایط بحرانی از قبیل سیل، زلزله، آتش سوزی و همچنین در محیط های نظامی که تمامی بسترهای مخابراتی از بین می رود به عنوان یک راه حل جدید برای ایجاد ارتباط بین عناصر شبکه استفاده می شود. در این شبکه ها به علت عدم وجود اتصالات دائمی و یا مرکز مدیریتی لازم است گره ها با هم همکاری نمایند تا بسته ها به مقاصد مورد نظرشان برسند [1]. برای انتقال اطلاعات در یک شبکه اقتضایی نیاز به ایجاد قراردادهای مستحکمی است که بتواند

¹ امید نادری، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف اباد

Email:omidnaderis@yahoo.com

² sensor

³ sink

⁴ routing

⁵ Artifacal Bee Colony

⁶ Poling point

تغییرات دائمی شبکه را تحمل کند. عمر شبکه های ادهاک به حدود هفتاد سال می رسد. این شبکه ها نیز مانند اکثر علوم در ابتدا با اهداف نظامی بوجود آمدند ولی به مرور زمان در بخش های تجاری و صنعتی و مخابراتی و غیره مورد استفاده قرار گرفتند [2]. شبکه ادهاک⁷ که به آن شبکه اقتضائی نیز می گویند در واقع شامل مجموعه ای از گره های توزیع شده است که بدون زیرساخت و پشتیبانی مرکزی یک شبکه موقت را ایجاد می کنند و مهمترین ویژگی این شبکه فقدان زیرساخت فیزیکی جهت ارتباط بین گره های شبکه می باشد و این ویژگی باعث می شود که پروتکل های مسیریابی و امنیتی این نوع شبکه ها با شبکه های با زیرساخت کمی متفاوت باشد [3]. یکی از مهمترین مسائل مطرح در شبکه های حسگر مسئله مسیریابی است که نودهای شبکه باید داده های جمع اوری شده خود را به نحوی بهینه به نود چاهک ارسال کنند در این راستا پروتکل های مسیریابی مختلفی ارائه شده است که هر کدام به نحوی سعی در بهینه کردن مصرف انرژی و در نهایت افزایش طول عمره شبکه دارند [4-5].

تحقیقات مختلفی جهت کاهش مصرف انرژی و جمع اوری حداکثری داده ها انجام شده است و متد ها و پروتکل های مختلفی مطرح گردیده است یکی از مهمترین مشکلاتی که در این زمینه وجود دارد نحوه و مدل حرکت سینک در محیط شبکه است که در طول پیمایش مسیر، هم مسیر های بهینه را طی کرده و هم بتواند حداکثر داده ممکن را جمع اوری کند.

در این مقاله در راستای رسیدن به اهداف فوق از قابلیت یادگیری اتوماتاها در کنار قابلیت اکتشافی الگوریتم کلونی زنبور عسل جهت مسیریابی بهینه و جمع اوری حداکثری داده ها استفاده شده است. در پایان نشان داده شده است که در مقایسه با روش پایه رشد 6.25 درصدی در کاهش مصرف انرژی حاصل میگردد .

در ادامه این مقاله ابتدا با شبکه های ادهاک آشنا می شویم. در بخش سوم انواع شبکه های ادهاک را معرفی می کنیم در بخش چهارم با انواع پروتکل های مسیریابی در شبکه های بی سیم آشنا می شویم. سپس در بخش پنجم مرور کوتاهی بر الگوریتم کلونی زنبور عسل خواهیم داشت. متد MASP⁸ که مرجع مقایسه و ارزیابی این پژوهش است در بخش ششم معرفی شده است. در بخش هفتم ایده پیشنهادی تشریح خواهد شد و در پایان ارزیابی ایده و مقایسه با روش MASP انجام شده است.

۲- شبکه های اقتضایی

شبکه های ادهاک سیار یکی از انواع شبکه های بی سیم می باشد که بدلیل عدم نیاز به زیرساخت بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته و تحقیقات زیادی در خصوص این شبکه ها انجام شده است.

این شبکه ها شامل مجموعه ای از گره های توزیع شده بصورت سیار است که بصورت بی سیم و بدون نیاز به زیرساخت با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند. در این شبکه گره ها علاوه بر وظایف اصلی نقش مسیریاب را نیز دارند و در مسیریابی و انتقال پیام ها در شبکه با یکدیگر همکاری می کنند [5]. البته امکان ارتباط بدون زیرساخت ثابت از ویژگی های اصلی این نوع شبکه است که این امکان در شبکه های دیگر یا غیرممکن بوده و یا پیاده سازی آن هزینه بسیار بالایی دارد [6-8]. به شبکه های ادهاک اصطلاحاً شبکه های Network on demand⁹ یا شبکه های Mesh نیز می گویند. این شبکه اخیراً مورد توجه ویژه و خاص قرار گرفته و کاربردهای نظامی و تجاری و صنعتی آن جذابیت خاصی را در جامعه محققین و پژوهشگران بوجود آورده است [8-9]. البته لازم به ذکر است که این شبکه ابتدا فقط توسط افراد و سازمانهای نظامی و ارتشی مورد مطالعه قرار می گرفتند و اصطلاحاً بسته های رادیویی نامیده می شدند.

⁷ Ad hoc

⁸ Maximum amount shortest path

⁹ بر حسب تقاضا

۳- انواع شبکه های اقتضایی

شبکه های ادهاک را از نظر متحرک یا ثابت بودن گره های آن میتوان به دو دسته تقسیم کرد [1,2,6,7]. که این دو دسته عبارتند از:

1) شبکه های حسگر هوشمند: این شبکه ها متشکل از چندین حسگر هستند که در محدوده جغرافیایی معینی بصورت ثابت قرار گرفته اند و هر حسگر دارای قابلیت ارتباطی بی سیم و هوش کافی برای پردازش سیگنال ها و امکان شبکه سازی است.

2) شبکه های ادهاک سیار: این شبکه ها شامل کاربران (گره های) متحرک است که از طریق لینک های بیسیم با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند.

معمولا در حوادث غیرمترقبه و اتفاقات غیر قابل پیش بینی از قبیل سیل و زلزله و غیره شبکه های با زیرساخت که شبکه متمرکز نامیده می شوند، کارا نبوده و قابلیت اطمینان کافی را ندارند. بنابراین در این گونه موارد شبکه های ادهاک سیار راه حل مناسبی بشمار می روند. گره ها، در شبکه های ادهاک سیار مجهز به گیرنده و فرستنده های بی سیم بوده و از آنتن هایی برای این منظور استفاده می کنند که ممکن است از نوع چندبخشی¹⁰ و یا نظیر به نظیر¹¹ باشند.

توپولوژی موجود در شبکه های ادهاک پویا میباشد و علت این پویایی را می توان در موارد زیر جستجو کرد [6-7].

1. در حین حرکت و جابجایی گره ها، امکان تغییراتصالات بین گره ها وجود دارد.

2. امکان ورود یک گره جدید به شبکه فعلی وجود دارد و در نتیجه باعث تغییر ساختار گره ها در شبکه می شود.

3. گره های موجود در شبکه قابلیت تحرک و جابجایی را دارند.

گره های سیار در شبکه های ادهاک به کمک سایر گره ها باهم ارتباط برقرار میکنند، هنگامی که هر گره درخواست اطلاعات از گره دیگر را می کند اگر آن گره، گره مقصد باشد بعنوان یک ماشین میزبان عمل می کند و اطلاعات را تحویل می دهد و چنانچه گره مقصد نباشد نقش یک مسیریاب را بازی می کند. همچنین گره ها در شبکه اقتضایی آزادانه و بسته به وضعیت و فعالیتی که قصد انجام آن را دارند، حرکت می کنند و خودشان را بصورت دلخواه سازماندهی می کنند. بنابراین این امکان وجود دارد که توپولوژی شبکه بسرعت و بدون پیش بینی های قبلی تغییر کند.

۴- مسیریابی در شبکه های حسگر بیسیم

پژوهشگران و دانشمندان این حوزه طبقه بندی های مختلفی از پروتکل های مسیریابی ارائه داده اند. پروتکل ها بر اساس عملکردشان در شبکه می توانند در هر گروه خاص یا چند گروه قرار بگیرند. در این مجموعه بر اساس تحقیقات T.Shepard [2] متداول ترین آن ها به هفت دسته تقسیم می شوند:

1-4 پروتکل های مسیریابی فعال¹²، واکنشی¹³ و ترکیبی¹⁴

بر اساس تحقیقات Shah R. and Rabaey [3] در پروتکل های مسیریابی فعال همه ی مسیریابها قبل از اینکه نیاز باشد محاسبه می شوند و مسیریابها در هر گره در یک جدول به نام جدول مسیریابی ثبت می شود. یعنی هر گره اطلاعات

¹⁰ Broad cast

¹¹ Peer to peer

¹² active

¹³ Reactive

¹⁴ Hybrid

مسیریابی همه‌ی گره‌های دیگر شبکه را به صورت به روز شده، بدون توجه به اینکه آیا این گره به عنوان مقصد برای انتقال داده انتخاب می‌شود یا خیر، نگهداری می‌کند. پروتکل‌های واکنشی مسیرها را فقط زمانی که به آن‌ها نیاز باشد محاسبه می‌کند. در این نوع مسیریابی هر گره فقط مسیرهای نزدیک‌ترین همسایه‌هایش را ذخیره می‌کند. پروتکل‌های مسیریابی واکنشی جدول‌های مسیریابی یا بار اضافی خیلی کمتری نگهداری می‌کنند در عوض برای فرستادن یک پیام نیازمند زمان هستند، بطوری که مسیرها باید در هر زمان که یک بسته به گره چاهک انتقال پیدا می‌کند انتخاب شود. در پروتکل‌های مسیریابی ترکیبی از ترکیب هر دو تکنیک فعال و واکنشی استفاده می‌کنند.

2-4 پروتکل‌های مسیریابی مسطح¹⁵ و سلسله مراتبی¹⁶

بر اساس تحقیقات [4] Younis M., Youssef M پروتکل‌های مسیریابی مسطح کل شبکه را به صورت مجموعه‌ای از گره‌ها که در یک مرتبه قرار گرفته‌اند نشان می‌دهند. کار آن‌ها پیدا کردن مسیر بین هر جفت گره اختیاری است. پروتکل‌های سلسله مراتبی (مرتبه‌ای) شبکه را به قسمت‌هایی به نام خوشه تقسیم می‌کنند، هر خوشه توسط یک گره خاص به نام سرخوشه مدیریت می‌شود که وظیفه هماهنگ کردن داده‌های انتقال یافته از گره‌های حسگر را به عهده دارد. بنابراین گره‌ها در یک خوشه فقط باید داده‌هایشان را به سرخوشه که گره چاهک محلی نیز گفته می‌شود بفرستند و گره‌های چاهک محلی داده‌هایشان را به گره چاهک سراسری می‌فرستند.

3-4 پروتکل‌های مسیریابی داده محور¹⁷ و آدرس محور¹⁸

بر اساس تحقیقات Xu Y و همکاران [6] و Chang J. H. and Tassiulas L پروتکل‌های داده محور به شناسه منحصر به فرد احتیاج ندارند و هنگامی استفاده می‌شوند که دادن شناسه منحصر به فرد به هر گره امکان پذیر نمی‌باشد. در پروتکل‌های داده محور زمانی که گره منبع داده‌اش را به گره چاهک می‌فرستد حسگرهای میانی می‌توانند داده‌های اولیه را به داده‌های متراکم تبدیل کنند و داده‌های متراکم شده را به چاهک می‌فرستند. این کار موجب ذخیره انرژی می‌شود زیرا به نقل و انتقالات کمتری از گره منبع تا چاهک نیاز دارد. در پروتکل‌های مسیریابی آدرس محور هر گره نیازمند شناسه مجزا می‌باشد و زمانی که گره چاهک یک پرسش برای جمع آوری اطلاعات می‌فرستد و گره حسگر منبع، داده مناسبی داشته باشد به پرسش پاسخ می‌دهد و داده‌ها را به گره چاهک می‌فرستد.

4-4 پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر مکان¹⁹

بر اساس تحقیقات [6] Chang J. H. and Tassiulas L مفهوم مکان فیزیکی یک معیار اساسی و مهم در بسیاری از مسیریابی و پروتکل‌های مسیریابی در شبکه حسگر بی‌سیم می‌باشد. بر اساس اطلاعات مکان حسگرها این پروتکل‌ها می‌توانند برای مسیرهای کوتاه یا بلند طراحی شوند بسته به اینکه فاصله‌ی بین گره‌های پی در پی کمترین یا بیشترین باشد. مصرف انرژی ارسال داده‌ها به فاصله‌ای که داده‌ها انتقال می‌یابند بستگی دارد. لازم به ذکر است که پروتکل‌های مکان محور اولین بار توسط شبکه‌های سیار موردی استفاده شده است.

¹⁵ flat

¹⁶ Hierarchical

¹⁷ Data centric

¹⁸ Address oriented

¹⁹ Location base

4-5 پروتکل مسیریابی مبتنی بر کیفیت سرویس²⁰ و جریان داده²¹

در تحقیقات دیگری Tassiulas L و Chang J. H. [7] در مسیریابی علاوه بر کم کردن مصرف انرژی تضمین برقراری کیفیت سرویس بسیار حائز اهمیت می باشد. به پروتکل هایی که برقراری کیفیت سرویس را تضمین می کنند پروتکل های مبتنی بر کیفیت سرویس گفته می شود. کیفیت سرویس شامل میزان تاخیر، قابلیت اعتماد و تحمل خطا در مسیریابی می باشد.

4-6 پروتکل های مسیریابی تک مسیره²² و چند مسیره²³

پروتکل های مسیریابی ممکن است برای رسیدن به مقصد از مسیرهای چندگانه یا تکی پشتیبانی کنند. پروتکل های تک مسیره می توانند یک مسیر یا چند مسیر را جستجو کنند و سپس یکی از بهترین (کوتاه ترین) مسیر را برای انتقال داده انتخاب می کنند و بقیه را دور می ریزند. براساس تحقیقات دیگری توسط Tassiulas L و Chang J. H. [8] مسیریابی چند مسیره به پروتکل هایی اشاره می کند که چند مسیر را برای انتقال داده جستجو، پشتیبانی و استفاده می کنند. مسیریابی چند مسیره در گسترش عمر شبکه کمک می کند زیرا کاهش باتری در همه ی گره ها به یک میزان است. اطلاعات در مورد مسیرها در یک جدول مسیریابی نگهداری می شود اما فقط در صورتی که مسیر اولیه به هدف نرسد از اطلاعات آن استفاده می شود.

4-7 مسیریابی آگاه از انرژی²⁴

براساس تحقیقات Hou Y و همکاران [9] پروتکل های مسیریابی که مسیرها را بر اساس معیار انرژی (باقیمانده انرژی گره در مسیر) اولویت بندی می کنند، به عنوان آگاه از انرژی طبقه بندی می شوند. زمانی که گره ها در شبکه حسگر به باتری های غیر قابل شارژ محدود می شوند، این یک امر عادی است که طراحان پروتکل ها بکارگیری کارا از انرژی در دسترس را، اگر نیاز به فعال بودن طولانی شبکه باشد، در نظر بگیرند. این مورد شاید در شبکه حسگر بی سیم که درگیر استفاده کوچک (دقیق) اطلاعات برای مدت کوتاه است، استفاده نشود.

در جدول شماره 1 چند نمونه از پروتکل های مسیریابی در شبکه حسگر بی سیم را مطابق دسته بندی فوق دسته بندی کرده ایم. اما باید اشاره شود که برخی از این پروتکل ها در بیش از یک طبقه قرار می گیرند. برای مثال PEGASIS²⁵ که یک پروتکل مسیریابی سلسله مراتبی است، در دسته مبتنی بر مکان و مبتنی بر کیفیت سرویس و آگاه از انرژی نیز قرار می گیرد. علاوه بر این یک پروتکل پیوندی نیز می باشد.

²⁰ Quality of service

²¹ Data flow

²² Single route

²³ Multi route

²⁴ Energy aware

²⁵ Power Efficient Gathering in Sensor Information network

جدول (1) طبقه بندی پروتکل های مسیریابی شبکه حسگر

دسته بندی	نام پروتکل	سلسله مراتبی	فعال	واکنشی	ترکیبی	داده محور	مبتنی بر مکان	کیفیت سرویس مبتنی بر	جریان داده	چند مسیره	نگاه از انرژی
	LEACH	✓	✓								✓
	TEEN	✓		✓		✓		✓			✓
	APTEEN	✓			✓	✓		✓			✓
	PEGASIS	✓			✓		✓	✓			✓
	LPEGASIS	✓			✓		✓	✓			✓
	TTDD	✓					✓	✓			✓
	DECROP	✓									
	SOP	✓	✓								
	VGA	✓								✓	
	HPAR	✓									
	F&G			✓		✓					
	SPIN		✓			✓		✓		✓	✓
	DD			✓		✓		✓		✓	✓

۵- الگوریتم کلونی زنبور عسل

مفهوم بهینه سازی بدین صورت است که در بین پارامترهای یک تابع به دنبال مقادیری باشیم که تابع را کمینه یا بیشینه نماید. کلیه مقادیر مناسب جهت این امر را، راه حل های ممکن و بهترین مقدار از این مقادیر را، راه حل بهینه می نامند. الگوریتم های بهینه سازی هر دو نوع مسائل بیشینه سازی و کمینه سازی را پوشش می دهند. بهینه سازی کاربرد های زیادی در زمینه تخصیص منابع، زمان بندی ها، تصمیم گیری ها را دارد. بهینه سازی همواره با مشکلات فراوانی همراه بوده است. شیوه های سابق برای حل کردن مشکلات بهینه سازی، مستلزم تلاش های محاسباتی بیشماری می باشد. الگوریتم هایی از جمله الگوریتم های هوش جمعی تا حدی این مشکل را حل نموده اند. توسط این الگوریتم ها راه حل هایی پیدا می شوند که تقریباً به جواب نزدیکترند [10].

هوش جمعی نوعی روش هوش مصنوعی، مبتنی بر رفتار های جمعی می باشد. عامل ها، به طور محلی با یکدیگر و با محیط خود در تعامل هستند. موفق ترین روش های هوش جمعی که تاکنون به وجود آمده اند، روش بهینه سازی زنبور عسل، روش بهینه سازی کلونی مورچه و روش بهینه سازی کرم شب تاب می باشد که می تواند برای بهینه سازی ترکیبی یا بهینه سازی تابعی به کار رود.

الگوریتم های هوش جمعی مختلفی براساس رفتار زنبورها در طبیعت، موجود می باشند [11]. این الگوریتم ها به دو دسته طبقه بندی می شوند؛ رفتار کاوشی و رفتار جفتگیری. الگوریتم مصنوعی کلونی زنبور، رفتار کاوشی زنبورهارا شبیه سازی می کند. کلونی مصنوعی زنبور عسل یک الگوریتم شبیه سازی کننده رفتارهای کاوشی و هوشمندانه ی مجموعه ای

از زنبورهای عسل شامل زنبورهای کارگر، زنبورهای تماشاچی و کاوشگر می باشد که توسط Basturk و Karaboga ارائه گردید [11]. یک زنبور منتظر جهت تصمیم گیری برای انتخاب یک منبع غذا، زنبور تماشاچی نامیده می شود و زنبوری که منبع غذا توسط او نظارت می شود، زنبور کارگر است. نوع دیگری از زنبورها، زنبور کاوشگر می باشد که جستجوی تصادفی را برای کشف منابع جدید انجام می دهد. موقعیت یک منبع نشان دهنده یک راه حل ممکن برای مشکل بهینه سازی بوده و میزان شربت منبع (کیفیت غذا) ارزش راه حل را نشان می دهد. یک ازدحام از زنبورهای مجازی تولید شده و جستجو به صورت تصادفی آغاز می گردد. زنبورها تا زمانی تعامل دارند، که شربت نهایی را بیابند و راه حل مشکل از طریق شدت تعامل های این زنبورها به دست آورده می شود. یک زنبور کارگر، راه حل ها را در حافظه خود و بسته به اطلاعات محلی (اطلاعات بصری) تولید می کند و میزان شربت (مقدار تناسب) منبع را بررسی می کند. با توجه به این موضوع که میزان شربت منبع جدید بالاتر از منبع قبلی باشد، زنبور موقعیت جدید را به خاطر سپرده و قبلی را فراموش می کند. پس از اینکه تمامی زنبورهای کارگر فرآیند جستجو را کامل نمودند، آنها اطلاعات شربت منابع (غذا) و اطلاعات موقعیت آنها را، برای زنبورهای کاوشگر به اشتراک می گذارند.

در فاز بعدی بر اساس میزان احتمال مربوط به منبع غذا، زنبور کاوشگر یک منبع غذا را انتخاب می کند. در آخرین فاز (تعویض زنبور و انتخاب)، اگر یک موقعیت را نتوان بهبود داد، آنگاه آن منبع خوراکی به صورت رد شده در نظر گرفته می شود. پس از هر عمل اکتشاف موقعیت منبع تولید شده توسط زنبور مصنوعی ارزیابی می شود و کارایی آن با کارایی نمونه قدیمی مقایسه می شود. اگر خوراکی جدید دارای شربت بهتر یا مساوی با منبع قدیمی باشد، جایگزین نمونه قدیمی در حافظه می شود. در غیر اینصورت، منبع قدیمی در حافظه باقی می ماند.

با توجه به توضیحات فوق در این پژوهش از قابلیت اکتشافی الگوریتم کلونی زنبور عسل جهت مسیریابی آگاه از انرژی متد پیشنهادی استفاده گردیده است.

6- MASP

یکی از مسائل عمده در شبکه های حسگر بی سیم در حال توسعه که مبنای این تحقیق نیز بوده است بهبود همزمان مقدار داده جمع آوری شده و کاهش مصرف انرژی می باشد [12-14]. برای حل این موضوع یک روش جدید جهت جمع آوری داده ها تحت عنوان MASP مطرح شده است که یک پروتکل ارتباطی دو مرحله ای است که براساس تقسیم بندی مناطق عمل میکند [12].

متد بیان شده در این مقاله بر روی شبکه های حسگر با حجم و چگالی بالا و سینک های متحرک با مسیرهای تحمیل شده تمرکز دارد که ممکن است کاربرد هایی در دنیای واقعی داشته باشد. مشکل اصلی در این مقاله پیدا کردن تعداد بهینه عضوهای متناسب به هر $s.sink^{26}$ است که منجر به بهبود کارایی تحویل داده ها و کاهش مصرف انرژی در شبکه می شود. رسیدن به هدف فوق با مینیمم کردن تعداد گام ها از هر عضو به $s.sink$ متناظرش برآورده می شود. MASP بوسیله یک مسئله ILP²⁷ فرمول بندی و بوسیله یک الگوریتم ژنتیک حل می شود. الگوریتم دو مرحله ایی حل مسئله MASP شامل 2 فاز است:

²⁶ Sub sink

²⁷ Integer line programming

1- فاز کشف مسیر²⁸

وظیفه اصلی در این فاز شامل یاد گرفتن اطلاعات توپولوژی و انتساب نود ها به S.SINK متناظرشان است که در سه مرحله انجام میشود.

2- فاز جمع آوری داده ها²⁹

در این فاز همه نود ها شروع به جمع آوری داده ها از ناحیه های تحت نظارت خود می کنند و سپس آنها را به سمت S.SINK مقصدشان ارسال یا هدایت می کنند.

7- الگوریتم پیشنهادی

در شبکه های حسگر معمولاً رویدادی در محیط رخ می دهد و گره های حسگر اطراف این رویداد فعال شده و آثار ناشی از این رویدادها را حس کرده و به یک موجودیت مرکزی به نام گره چاهک یا ایستگاه پایه منتقل می کنند[15]. گره های اطراف یک رویداد معمولاً داده های یکسانی را ثبت و گزارش می دهند، اما مسئله ای که به وجود می آید این است که ارسال اطلاعات تکراری به گره چاهک پیامد هایی در پی دارد که بر کارایی شبکه و میزان مصرف انرژی تاثیر می گذارد[16]. از این رو ما یک سیستم خوشه بندی را مطرح کردیم که در آن از یک سرخوشه اصلی که تنها وظیفه مسیریابی را دارد و سرخوشه ثانویه وظیفه جمع آوری و تجمیع داده ها و ارسال آنها برای سرخوشه ثانویه را دارد. سرخوشه اصلی هم با استفاده از الگوریتم بهینه سازی کلونی زنبور عسل داده ها را برای گره چاهک ارسال می کند. از این روشی تحت عنوان روش جمع آوری داده ها مبتنی بر سینک های متحرک بر اساس اتوماتا و الگوریتم کلونی زنبور عسل پیشنهاد شده است که در ادامه به اختصار (SABA)³⁰ نامیده می شود. شرح اجرای الگوریتم به شکل زیر است:

گره چاهک در اوایل شبکه بندی و به مدت مشخص در مرکز شبکه می ماند و پس از آن شروع به حرکت در مسیری می کند که رویداد های بیشتری را جمع آوری کن و از طرفی به گره ها امکان ذخیره انرژی را بدهد. به این منظور گره چاهک باید به GPS³¹ مجهز باشد و طول و عرض محیط تحت بررسی و مختصات یکی از گوشه ها را بداند. با داشتن طول و عرض محیط تحت بررسی و مختصات مکانی اش گره چاهک قادر خواهد بود که در شبکه یک توری مجازی را بگستراند. سلولهای این توری معرف یک خوشه هستند و گره های درون این سلول یک خوشه را تشکیل می دهند.

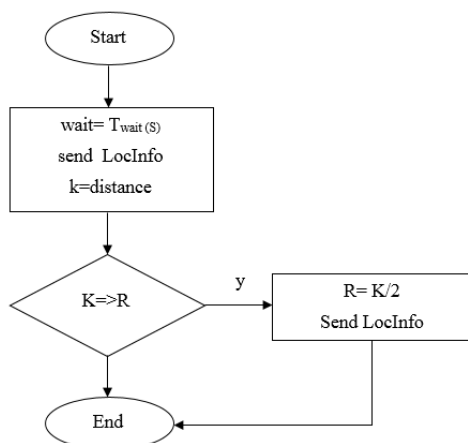
ما فرض کرده ایم که گره ها به صورت تصادفی در محیط پراکنده شده اند. ممکن است گره چاهک در مرکز محیط تحت بررسی یا در هر نقطه ای باشد. از آنجا که نیاز داریم گره ها از مکان خود مطلع باشند گره چاهک در محل فعلی خود یک پیام LocInfo را منتشر می کند. پارامتر k نشان دهنده فاصله ای این گره تا مرکز است. در صورتی که گره در مرکز شبکه واقع نشده باشد و بیش از K متر از مرکز فاصله داشته باشد به اندازه $K/2$ در راستای مرکز و به سمت مرکز حرکت و سپس پیام LocInfo را منتشر می کند. در جابه جایی بعدی گره به مرکز می رسد و توری مجازی را تشکیل می دهد و اطلاعات لازم را برای گره ها با استفاده از پیام CellInfo ارسال می کند. دستورالعمل گرهی چاهک برای تشکیل توری مجازی به صورت چارت، در شکل (1) نشان داده شده است.

²⁸ Discover path

²⁹ Data collection

³⁰ Data gathering in mobile Sink base on Automata & Bee colony Algorithm(SABA)

³¹ Global position system



شکل (1) الگوریتم تشکیل توری مجازی

گره ها با دریافت دو پیام LocInfo و یک پیام CellInfo ابتدا مختصات خود را محاسبه می کنند سپس با استفاده از سایر اطلاعات موجود در پیام CellInfo سلولی را که در آن قرار دارند را می یابند و شناسه سلول را محاسبه می کنند. هر گره تنها اطلاعات مربوط به سلول خود را نگه می دارد. گره های درون هر سلول در اولین دور براساس شناسه به عنوان سرخوشه اصلی انتخاب می شوند. سرخوشه اصلی تنها وظیفه مسیریابی اطلاعات از سلول خود و یا سلولهای دیگر به سمت گره مقصد را دارد و واحد حسگر خود را غیر فعال می کند. سایر گره های درون خوشه غیر فعال هستند و تنها به مشاهده محیط می پردازند.

گره ها به محض مشاهده رویداد فعال می شوند و یکی از آنها که پیام ClusterHead را ارسال کرده است به عنوان سرخوشه انتخاب می شود. برای اینکه امکان رقابت به گره ها را بدهیم، گره ها به مدت Twait_for_sending که به صورت تصادفی انتخاب می شود، منتظر می مانند بعد پیام مورد نظر را ارسال می کنند. اولین گره فرستنده پیام ClusterHead سرخوشه می شود و پس از جمع داده ها آنها را برای سرخوشه سلول خود ارسال می کند. سرخوشه در صورتی که مسیر حرکت چاهک و یا سلولی را که چاهک از آن عبور می کند را نداند فرآیند کشف مسیر را آغاز می کند. در این الگوریتم از سه متغیر scoutBee و backwardBee و workerBee جهت کشف مسیر استفاده شده است.

فرآیند کشف مسیر به این صورت است که گره سرخوشه اصلی پیام ScoutBee را که معرف زنبور پیشاهنگ است را همه پخشی می کند. این پیام با عبور از هر گره طول مسیر پیموده شده و مجموع انرژی گره ها را ثبت می کند. هر پیام ScoutBee ای که به مقصد می رسد پس از آن تبدیل به BackwardBee می شود و به سمت گره مبدا باز می گردد. پس از آن گره مبدا با ارزیابی طول و انرژی هر مسیر بهترین مسیر را انتخاب و از طریق آن داده ها را به سمت گره چاهک روانه می کند. پیامهای داده WorkerBee نام دارند. برخی از پیامهای WorkerBee پس از رسیدن به مقصد به سمت منبع بر می گردند تا به آن منبع در مورد مجموع انرژی مسیر گزارش دهند. گره منبع پس از اینکه پیام WorkerBee را دریافت کرد مجموع انرژی مسیر را با سایر مسیرها مقایسه می کند و مسیری را که در ارزیابی بیشترین مقدار را داشته باشد به عنوان مسیر بعدی انتخاب می شود. البته لازم به ذکر است که همین مسیر جاری را هم می توان به عنوان مسیر بعدی انتخاب کند.

گره چاهک در اوایل شبکه بندی در مرکز شبکه ثابت می ماند. اما پس از مدتی مسیری تصادفی را می پیماید. این مسیر حلقوی است و در دورهای بعد با استفاده از اتوماتای یادگیر اقدام به بهینه سازی مسیر می کند. گره چاهک با استفاده از اتوماتا سلول هایی را انتخاب می کند که مسیر کوتاه تری را طی کند و در عین حال نزدیکترین فاصله را به نقاط پر رویداد داشته باشد و بیشترین حجم داده را جمع آوری کند.

8- نتایج شبیه سازی

متد SABA و MASP را در شبیه ساز NS2 پیاده سازی کردیم. تمام سناریوها به مدت 500 ثانیه اجرا شدند. پارامترها و شرایط شبیه سازی در جدول (2) آورده شده است. سپس از خروجی هر بار شبیه سازی اطلاعات لازم را استخراج و سپس اطلاعات به دست آمده را با هم مقایسه کردیم .

جدول (2) سناریو الگوریتم پیشنهادی (IEEE 802.15.4)

سناریو	پارامتر
Droptail	نوع صف
100×100	اندازه شبکه
50	زمان شبیه سازی
50 متر	محدوده انتقال
200	تعداد گره ها
تصادفی	موقعیت گره ها
1 ژول	انرژی اولیه
5 ثانیه	فاصله های حس کردن
50	طول صف
5 ثانیه	فاصله ی انتشار
دما	نوع داده ی تولید شده

• مرگ آخرین گره

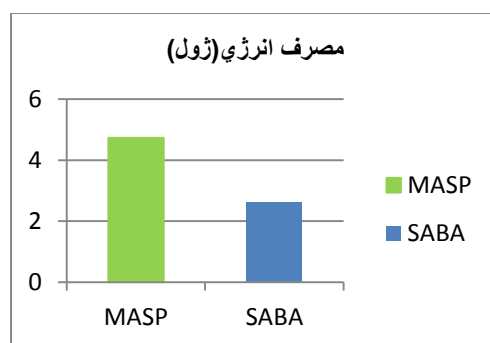
این بخش به مرگ آخرین گره ای تعلق دارد که داده های خود را به تنهایی برای گره چاهک یا ایستگاه پایه ارسال می کند. هر چقدر این آخرین گره دیرتر انرژی تمام شود، این برداشت را می کنیم که طول عمر شبکه حسگر طولانی تر بوده است، به همین دلیل از این پارامتر به عنوان طول عمر شبکه هم می توان نام برد. قدر مسلم گره چاهک را از مباحث آماری خود خارج می کنیم، چرا که فرض کرده ایم که این گره از ویژگی هایی بهره می برد که سایر گره ها از آن بی بهره هستند. از جمله این امتیازات انرژی بیشتر است. نتایج خروجی حاصل از شبیه سازی برای محاسبه مرگ آخرین گره در جدول 3 قابل مشاهده است.

جدول (3) مرگ آخرین گره (ثانیه)

	سناریو اول	سناریو دوم	سناریو سوم	سناریو چهارم
MASP	270.001	238.0653	201.9803	191.3724
SABA	340.653	336.58001	351.0659	263.91400

• مصرف انرژی

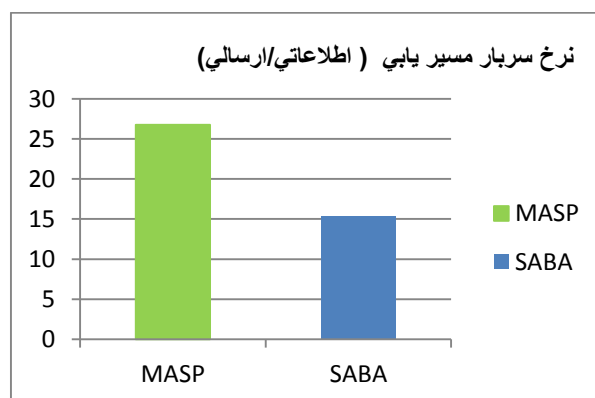
در این بخش میزان مصرف انرژی گره ها را بررسی می کنیم. قدر مسلم از آنجا که موفق به محاسبه مرگ آخرین گره شده- ایم، به معنای مصرف انرژی کامل تمامی گره ها است. در این حالت فقط می توانیم مدت زمان اتمام انرژی گره ها را محاسبه کنیم. برای مقایسه این پارامتر، مجبور به اجرای مجدد شبیه سازی شدیم اما در این شبیه سازی ها انرژی اولیه گره ها را برابر با پنج ژول گرفتیم. خروجی نتایج در شکل 2 نشان داده شده است.



شکل (2) مصرف انرژی

• نرخ سربار مسیریابی

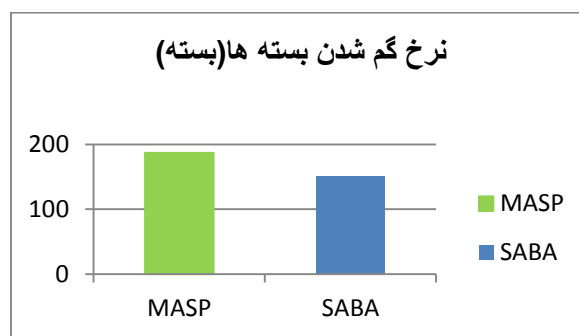
در این بخش و در شکل 3 سربار مسیریابی محاسبه شده است. این سربار برابر با نسبت تعداد بسته های ارسالی برای ارسال یک بسته اطلاعاتی است. این پارامتر را ما تنها برای لایه کاربرد محاسبه کرده ایم. یعنی نسبت میزان حجم بسته های داده را بر میزان حجم اطلاعات ارسالی برای تشکیل خوشه ها محاسبه کرده ایم.



شکل (3) نرخ سربار مسیریابی

• نرخ از دست رفتن بسته ها

در ادامه نرخ گم شدن بسته ها در حالت 200 گره را بررسی می نماییم. تعداد بسته های که گم می شود با افزایش تأخیر نیز افزایش می یابد و همانطور که در شکل های زیر می بینید الگوریتم پیشنهادی نرخ گم شدن بسته ها را به علت اجتناب از گلوگاه ها و مسیر پرتراфик به طور چشمگیری کاهش داده است. از طرفی از آنجا که گره چاهک همواره در حال انتخاب مسیریابی است که داده های بیشتری را جمع آوری کند و الگوریتم زنبور عسل در حال توزیع ترافیک بر روی زیر چاهک ها است. از ازدحام داده های در بافر گره ها جلوگیری به عمل آمده است. نتایج ارزیابی در شکل 4 قابل مشاهده است.



شکل (4) نرخ گم شدن بسته ها

9- نتیجه گیری

در این مقاله سعی بر آن شد تا با فهم شبکه های اقتضایی و همچنین الگوریتم کلونی زنبور عسل و اتوماتاهای یادگیر یک روش نوین ارائه شود. روش فوق از نظر کارایی روش بسیار مفیدی است و از طرفی به اصل تحرک در شبکه های ادھاک بسیار توجه دارد. البته کاستی هایی نیز دارد که باید در آینده برطرف شود، روش MASP به عنوان یک روش جمع آوری داده کارا و مبتنی بر سینک های متحرک در شبکه های حسگر بی سیم مبنای تحقیق قرار گرفت. سپس روش پیشنهادی که یک روش نوین مسیریابی آگاه از انرژی و مبتنی بر قابلیت یادگیری اتوماتاها و الگوریتم کلونی زنبور عسل است تشریح و شبیه سازی گردید. سپس با نتایج نموداری و آماری حاصل از شبیه سازی اثبات گردید که روش پیشنهادی از لحاظ افزایش طول عمر مفید شبکه (به تعویق انداختن زمان مرگ اولین گره) و نیز حفظ پوشش شبکه ای و نرخ سربار مسیر یابی و نرخ گم شدن بسته ها نسبت به پروتکل های مشابه برتری آشکاری از خود نشان می دهد. این ویژگی در کاربردهایی که پوشش شبکه ای در آن ها از اهمیت خاصی برخوردار است، حائز اهمیت می باشد؛ برای مثال در کاربردهای پایشی یا ردیابی که به داده های بسیار دقیق نیاز دارند، به تعویق انداختن زمان اولین مرگ بسیار مهمتر از زمان آخرین مرگ است. در مقابل ممکن است در برخی از کاربردها، افزایش طول عمر کلی شبکه و به تعویق افتادن زمان آخرین مرگ مطلوب تر باشد؛ برای مثال در پایش دوره ای آب و هوا می توان از این الگوریتم استفاده کرد.

استفاده از الگوریتم اکتشافی کلونی زنبور عسل در انتخاب مسیر سرخوشه های متد SABA باعث کاهش 25 درصدی نرخ از دست رفتن بسته ها نسبت به متد MASP گردید.

نرخ سربار مسیر یابی نیز با توجه به قابلیت یادگیری اتوماتاها و کاهش ارسال پیام های کنترلی از سوی گره ها کاهش 74 درصدی را داشته است.

مراجع

1. Akkaya K. and Younis M., "Energy-aware delay-constrained routing in wireless sensor networks", in: Proceedings of the International journal of Communication Systems, Vol. 17, no. 6, pp. 663-687, Aug. 2004.
2. T. Shepard, "A channel access scheme for largedense packet radio networks," in Proc. ACM SIGCOMM, Stanford, CA, Aug. 1996, pp. 219–230.
3. Shah R. and Rabaey J., "Energy aware routing for low energy ad hoc sensor networks", in: Proceedings of the IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Orlando, FL, pp.350-355, March 2002.
4. Younis M., Youssef M. and Arisha K., "Energy-Aware routing in cluster-based sensor networks", in: Proceedings of the 10th IEEE/ACM International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS2002), Fort Worth, Texas, pp. 129-136, October 2002.
5. Xu Y., Heidemann J. S. and Estrin D., "Geography-informed energy conservation for ad hoc routing", in: Proceedings of the Mobile Computing and Networking, pp. 70-84, 2001.
6. Chang J. H. and Tassiulas L., "Routing for maximum system lifetime in wireless ad-hoc networks", in: Proceedings of the 37th Annual Allerton Conf.on Communication, Control, and Computing, Monticello, IL, Sept.1999.
7. Chang J. H. and Tassiulas L., "Energy conserving routing in wireless ad-hoc networks", in: Proceedings of the IEEE INFOCOM, Tel-Aviv, Israel, Vol. 1, pp. 22-31, Mar. 2000.
8. Chang J. H. and Tassiulas L., "Maximum lifetime routing in wireless sensor networks", in: Proceedings of the IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 12, no. 4, pp. 609-619, Aug. 2004.
9. Hou Y. T., Shi Y. and Sherali H.D., "Rate allocation in wireless sensor networks with network lifetime requirement", in: Proceedings of the ACM MobiHoc, Japan, pp. 67-77, May 2004.
10. Shilane. D, Martikainen. J. S and Dudoit. S, A general frame-work for statistical performance comparison of evolutionary computation Algorithms, Information Sciences, Journal, 178, 2870 - 2879 2008
11. Karaboga. D and Basturk. B, A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm, Journal of Global Optimization 39, 459–471, 2009.
12. J. Guan, D. Sun, A. Wang, Y. Liu, " Efficient Data Collection in Wireless Sensor Networks with Path-Constrained Mobile Sinks ", IEEE Transactions On Mobile Computing, vol. 10, no. 5, april 2011

13. International Journal of Emerging Technolog Advanced Engineering Website:
www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 3, Issue 1, January 2013 . Efficient Data Collection with path Constrained Mobile sinks using Shortest Path Member Assignment Scheme in WSN

14. Y. Xun-Xin, Z. Rui-Hua, “An Energy-Efficient Mobile Sink Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks”, *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, September 2011, pp. 1-4.

15. International Journal of Emerging Technolog Advanced Engineering Website:
www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 3, Issue 1, January 2013 . Efficient Data Collection with path Constrained Mobile sinks using Shortest Path Member Assignment Scheme in WSN

16. Y. Xun-Xin, Z. Rui-Hua, “An Energy-Efficient Mobile Sink Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks”, *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, September 2011, pp. 1-4