

## روش های کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر

سمیه میرزاوند<sup>۱</sup>، محسن چکین<sup>۲</sup>

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، گروه مهندسی کامپیوتر، دزفول، ایران،  
Mirzavand.somayeh@yahoo.com

۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول، گروه مهندسی کامپیوتر، دزفول، ایران،  
mcheghin@gmail.com

### چکیده

امروزه با گسترش تکنولوژی و پیشرفت های صورت گرفته در زمینه طراحی و ساخت مدارات مجتمع، باعث طراحی و ساخت حسگرهایی با توان مصرفی پائین، اندازه کوچک و کاربردهای گوناگونی شده است. حسگرهایی که قابلیت های متفاوت حسی مانند تشخیص لرزش، حرارت، صوت، تصویر و رطوبت را دارا می باشند و این حسگرها در دنیای واقعی کاربردهای نظامی، پزشکی و غیره را دارا هستند. در سال های گذشته زمینه های مختلفی برای کار و تحقیق در شبکه های حسگر بی سیم بوجود آمده است. در شبکه های حسگر بی سیم یکی از مسائل مهم طول عمر هر شبکه است که با توازن در مصرف انرژی حسگرهای شبکه ارتباط مستقیم دارد. افزایش طول عمر شبکه، چالش انگیزترین نیاز در این نوع شبکه هاست. لذا در این مقاله، به تجزیه و تحلیل برخی از مهم ترین مقالات و تحقیقاتی که تاکنون در حوزه کاهش مصرف انرژی در شبکه های حسگر بی سیم ارائه گردیده پرداخته شده و این پژوهش ها را نقد و بررسی خواهیم نمود.

کلمات کلیدی: شبکه حسگر بی سیم، انرژی، کاهش مصرف انرژی

### ۱- مقدمه

امروزه شبکه های حسگر بی سیم<sup>۱</sup> باتوجه به مقرون به صرفه بودن و تبادل ارتباطات سریع و آسان آن در بسیاری از کاربردها در محیط های مختلف استفاده می شوند. شبکه های بی سیم از تعداد گره های حسگر زیادی که انرژی محدودی دارند تشکیل شده اند، از موضوعات مهمی که در پیش داریم این است که این شبکه ها از نظر انرژی علاوه بر اینکه بهینه سازی شوند، بلکه باید همواره طول عمر افزایش یافته و استفاده کاربردی بیشتری از این شبکه ها شود [۱].

با توجه به توسعه فناوری در زمینه های مخابرات بیسیم و الکترونیک در طراحی و ساخت، حسگرهایی با قابلیت توان مصرفی کم، سایز کوچک، کاربردهای مختلف و قیمت مناسب را فراهم ساخته است. حسگرهای بی سیم قابلیت دریافت اطلاعات از محیط پردازش و ارسال آن را دارد برای همین عامل ظهور ایده ای برای گسترش شبکه هایی بنام شبکه های حسگر بی سیم شده اند، این شبکه های حسگر بیسیم محدودیتی همچون انرژی محدود را دارد و از جمله عواملی می باشد که طول عمر شبکه را تحت تاثیر قرار می دهد [۲].

### ۲- ساختار کلی شبکه حسگر بی سیم

ساختار کلی یک شبکه حسگر بی سیم از موارد زیر تشکیل شده است:

<sup>1</sup> Wireless sensor networks (WSN)

## سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

حسگر: وسیله‌ای که وجود شی یا رخداد یک وضعیت یا مقدار یک کمیت فیزیکی را تشخیص داده و به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند. حسگر انواع مختلف دارد مانند حسگرهای دما، فشار، رطوبت، نور، شتاب‌سنج، مغناطیس‌سنج و... کار انداز: با تحریک الکتریکی یک عمل خاصی مانند باز و بسته کردن یک شیر یا قطع و وصل یک کلید را انجام می‌دهد. گره حسگر: به گره‌ای گفته می‌شود که فقط شامل یک یا چند حسگر باشد. گره کارانداز: به گره‌ای گفته می‌شود که فقط شامل یک یا چند کارانداز باشد. گره حسگر- کارانداز: به گره‌ای گفته می‌شود که مجهز به حسگر و کارانداز باشد. چاهک: گرهی که جمع‌آوری داده‌ها را به عهده دارد. و ارتباط بین گره‌های حسگر- کارانداز و گره مدیر وظیفه را برقرار می‌کند.

شبکه حسگر: شبکه‌ای که فقط شامل گره‌های حسگر باشد. این شبکه نوع خاصی از شبکه حسگر- کارانداز است. در کاربردهایی که هدف جمع‌آوری اطلاعات و تحقیق در مورد یک پدیده می‌باشد کاربرد دارد. میدان حسگر/ کارانداز: ناحیه کاری که گره‌های شبکه حسگر- کارانداز در آن توزیع می‌شوند. گره مدیر وظیفه: گره‌ای که یک شخصی بعنوان کاربر یا مدیر شبکه از طریق آن با شبکه ارتباط برقرار می‌کند. فرامین کنترلی و پرس و جوها از این گره به شبکه ارسال شده و داده‌های جمع‌آوری شده به آن بر می‌گردد. شبکه حسگر بی‌سیم به صورت ساختار خودکار و ساختار غیر خودکار می‌باشد: در ساختار خودکار، حسگرهایی که یک رخداد یا پدیده را تشخیص می‌دهند داده‌های دریافتی را به گره‌های کارانداز جهت پردازش و انجام واکنش مناسب ارسال می‌کنند. گره‌های کارانداز مجاور با هماهنگی با یکدیگر تصمیم‌گیری کرده و عمل می‌نمایند. در واقع هیچ کنترل متمرکزی وجود ندارد و تصمیم‌گیری‌ها به صورت محلی انجام می‌شود. در ساختار نیمه خودکار، داده‌ها توسط گره‌ها به سمت چاهک هدایت شده و فرمان از طریق چاهک به گره‌های کارانداز صادر شود.

از طرف دیگر در کاربرد های خاصی ممکن است از ساختار بخش بندی شده یا سلولی استفاده شود که در هر بخش یک سردرسته<sup>1</sup> وجود دارد که داده های گره های دسته خود را به چاهک ارسال می‌کند. در واقع هر سردرسته مانند یک مدخل<sup>2</sup> عمل می‌کند. با توجه به کاربرد شبکه حسگر بی‌سیم، محدودیت‌ها و شرایط خاص محیط پیاده‌سازی، دو نوع مدل ساختاری مختلف برای این شبکه‌ها قابل تصور است: مدل ساختار یافته و مدل موردی. در مدل ساختار یافته گره‌های متحرک به وسیله یک گره خاص (ایستگاه مرکزی) با یکدیگر ارتباط برقرار می‌کنند. در این مدل گره‌های متحرک با توجه به محدوده‌ای که هر لحظه در آن قرار دارند در حوزه فعالیت یکی از ایستگاه‌های مرکزی هستند. در این حالت اگر گره‌ای بخواهد برای یک گره دیگر بسته‌ای ارسال کند کفایت بسته را به ایستگاه مرکزی که در محدوده آن قرار دارد ارسال نماید. سپس این ایستگاه آدرس گره مقصد را در بین گره‌های محدوده خود جستجو می‌کند و در صورتی که گره مقصد در محدوده همان ایستگاه باشد بسته را به مقصد ارسال می‌کند و در غیر این صورت بسته را به ایستگاه‌های مجاور خود ارسال می‌کند تا به مقصد برسد. و در مدل موردی<sup>3</sup> ساختاری برای شبکه متصور نیست. در این حالت اگر یک گره بخواهد برای گره‌ای دیگر بسته‌ای ارسال کند، در صورتی که گره مقصد در محدوده ارتباطی گره مبدا قرار داشته باشد، ارسال بصورت مستقیم و اصطلاحاً با یک پرش انجام می‌شود. در غیر این صورت گره مبدا بسته را برای یک گره میانی ارسال می‌کند تا گره اخیر بسته را به سوی مقصد پیش برد. بنابراین می‌توان گفت ارسال در این شبکه‌ها به صورت چند برشی انجام می‌گیرد. در واقع، شبکه‌های حسگر<sup>4</sup> گونه‌ای از شبکه‌های بی‌سیم هستند که در ساختار گره‌های آن

<sup>1</sup>Cluster\_Head

<sup>2</sup>Gateway

<sup>3</sup> ad-hoc

<sup>4</sup>Sensor Network

## سومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر، داده کاوی و داده های حجیم

محدودیت‌هایی خاص وجود دارد. این محدودیت‌ها باعث می‌شود در الگوریتم‌های مسیریابی که برای آنها طراحی می‌گردد، ملاحظاتی در نظر گرفته شود. از جمله تفاوت‌هایی که در این شبکه‌ها نسبت به شبکه‌های دیگر وجود دارد می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- محدودیت در توان محاسباتی گره‌ها
- محدودیت در میزان حافظه تعبیه شده در گره‌ها
- محدودیت در میزان انرژی در نظر گرفته شده برای گره‌ها

از موارد اشاره شده، محدودیت در میزان انرژی در نظر گرفته شده برای گره‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است و در طراحی پروتکل‌های مسیریابی این شبکه‌ها، بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرد. انرژی مورد استفاده در ارسال و دریافت اطلاعات در این شبکه‌ها بیش از انرژی پردازش اطلاعات و مدیریت حافظه است. بنابراین لازم است تا حد امکان از میزان اطلاعات ارسالی کاسته و پردازش در گره‌ها انجام، و تنها بخشی از اطلاعات لازم به گره چاهک ارسال شود [۱]. توجه به موارد فوق باعث کاهش مقدار مصرف انرژی در گره‌ها و افزایش طول عمر شبکه می‌شود که تقریباً مهمترین هدف در طراحی پروتکل‌های مسیریابی این شبکه‌ها است.

### ۳- طبقه‌بندی روش‌های کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر

به طور کلی در رابطه با کاهش مصرف انرژی گره‌های حسگر و شبکه حسگر بیسیم تاکنون روش‌های بسیار متنوعی به کار گرفته شده‌اند. در مواردی این روش‌ها بر اساس اینکه در کدام یک از لایه‌های پشته پروتکل طراحی شده‌اند، طبقه‌بندی می‌شوند. اما بهترین و کامل‌ترین طبقه‌بندی به سه دسته طرح کلی تقسیم می‌شود.

- طرح‌های چرخه وظایف
- طرح‌های داده‌گرا
- طرح‌های مبتنی بر قابلیت تحرک

می‌توان گفت در این شبکه‌ها، گره‌ها محدودیت انرژی دارند و نمی‌توانند مجدداً شارژ شوند؛ بنابراین، واضح است که پروتکل‌های مسیریابی مبتنی بر انرژی و جمع‌آوری داده‌ها در این شبکه‌های مقیاس وسیع، باید به گونه‌ای ویژه باشند تا طول عمر شبکه به نحو قابل قبولی حفظ شود. گروه بندی گره‌ها در خوشه‌ها به طور وسیعی توسط جوامع تحقیقاتی پذیرفته شده است تا هدف مقیاس‌پذیری و به طور کلی دستیابی به کارایی انرژی بالاتر و طول عمر بیشتر در محیط شبکه‌های حسگر بی‌سیم تحقق یابد [۳]. پروتکل‌های مسیریابی سلسله‌مراتبی و جمع‌آوری داده‌ها که شامل طرح‌های داده‌گرا می‌باشند به یک سازماندهی مبتنی بر خوشه حسگرها دلالت می‌کنند به طوری که ترکیب و تجمیع داده‌ها ممکن گردیده و منجر به ذخیره قابل توجه انرژی می‌شود. در ساختار سلسله‌مراتبی شبکه، هر خوشه یک رهبر دارد که به آن سرخوشه گفته می‌شود و به طور معمول کارهای ویژه‌های (مثل ترکیب و تجمیع داده‌ها) را انجام می‌دهد. همچنین تعدادی گره معمولی در هر خوشه به عنوان اعضای آن خوشه وجود دارند. فرآیند شکل‌دهی خوشه، یک سلسله‌مراتب دو سطحی را ایجاد می‌کند که سطح بالایی آن را گره‌های سرخوشه و سطح پایینی آن را حسگرهای عضو خوشه تشکیل می‌دهند. گره‌های حسگر، داده‌های خود را متناوباً به سرخوشه خود ارسال می‌کنند. گره‌های سرخوشه، داده‌ها را جمع‌آوری کرده و آن‌ها را به ایستگاه مبنا می‌فرستند. ارسال به ایستگاه مبنا می‌تواند به صورت مستقیم یا به صورت واسطه‌ای با دیگر سرخوشه‌ها صورت پذیرد [۴].

### ۳-۱- چرخه وظایف<sup>۱</sup>

عمدتاً این طرح‌ها بر زیرسیستم شبکه‌ای تمرکز دارند. بطور ایده‌آل، رادیو باید به محض اینکه دیگر داده‌ای برای ارسال یا دریافت وجود ندارد، خاموش شده و به محض اینکه بسته داده جدیدی شروع به آماده شدن کرد، فعال شود. بدین روش، گرہ‌ها بر اساس فعالیت شبکه، بین دوره‌های فعال و غیرفعال بطور متناوب در گذر هستند. به این رفتار اصطلاحاً چرخه وظایف می‌گویند. در واقع چرخه وظایف، کسری از زمان است که گرہ‌ها در طی طول عمر خود فعال هستند. وقتی گرہ‌های حسگر یک عمل اشتراکی را انجام می‌دهند، نیاز به هماهنگی زمان‌های خواب و بیداری دارند. بنابراین همراه هر طرح چرخه وظایف، یک الگوریتم زمان‌بندی خواب و بیداری وجود دارد. معمولاً این الگوریتم یک الگوریتم توزیع شده بوده و مبتنی بر آن است که کدام یک از گرہ‌های حسگر تصمیم بگیرند که چه وقت از حالت فعال (بیدار) به غیرفعال (خواب) تغییر وضعیت پیدا کنند. این الگوریتم به گرہ‌های همسایه امکان می‌دهد تا در آن واحد فعال شوند. بنابراین مبادله بسته‌ها را حتی وقتی گرہ‌ها با چرخه وظایف پایینی کار می‌کنند، امکان‌پذیر می‌سازد. طرح‌های چرخه وظایف خود به دو طرح فرعی تقسیم می‌شوند: کنترل توپولوژی و مدیریت توان [۴].

#### • کنترل توپولوژی

در یک شبکه کنترل توپولوژی<sup>۲</sup>، انتخاب زیرمجموعه کمینه‌ای از گرہ‌های شبکه است که برای نگه داشتن اتصال باید فعال باقی بمانند. بقیه گرہ‌ها می‌توانند به حالت خواب فرو رفته و انرژی خود را ذخیره کنند. به عبارت دیگر، کنترل توپولوژی، یافتن زیرمجموعه بهینه‌ای از گرہ‌ها است که اتصال را تضمین کند. ایده اصلی آن استخراج افزونگی، به منظور افزایش طول عمر شبکه است. در بسیاری از موارد، آرایش شبکه حسگر بصورت تصادفی انجام می‌شود. برای مثال، با پرتاب کردن تعداد زیادی از گرہ‌های حسگر از هواپیما. بنابراین، قراردادن گرہ‌های حسگر به تعداد بیش از حد لازم از جهت مواجهه با خرابی‌های احتمالی گرہ‌ها که در هنگام قرارگیری گرہ‌ها یا بعد از آن ممکن است رخ دهد، کار عاقلانه‌ای است. در بسیاری از موارد، قراردادن تعداد بیشتری از گرہ‌ها در همان ابتدا بسیار آسان‌تر از اضافه کردن گرہ‌های بیشتر بعد از قرارگیری است. بنابراین، آرایش افزونه، حتی وقتی گرہ‌ها بصورت دستی کار گذاشته می‌شوند، کار عاقلانه‌ای است. از این رو، پروتکل‌های کنترل توپولوژی، توپولوژی شبکه‌ای را بطور پویا با نیازهای کاربرد انطباق می‌دهند تا ضمن انجام عملیات شبکه‌ای، تعداد گرہ‌های فعال را کمینه کنند (و در نتیجه طول عمر شبکه را افزایش دهند). معیارهای مختلفی برای تعیین گرہ‌هایی که باید فعال یا غیرفعال شوند و زمان انجام آن وجود دارد. در این خصوص، پروتکل‌های کنترل توپولوژی، به دو دسته تقسیم می‌شوند. پروتکل‌های مکان‌گرا و پروتکل‌های اتصال‌گرا. پروتکل‌های مکان‌گرا، تعیین می‌کنند که براساس محل گرہ‌های حسگر که دانسته فرض می‌شود، کدام گرہ و چه وقت باید روشن شود. پروتکل‌های اتصال‌گرا، بطور پویا گرہ‌های حسگر را فعال یا غیرفعال می‌سازند، به طوری که اتصال شبکه‌ای یا پوشش حسگری بطور کامل برآورده شود [۵].

#### • مدیریت توان

مدیریت توان<sup>۳</sup> خود شامل دو مقوله وسیع است که بر اساس لایه معماری شبکه که در آن پیاده‌سازی می‌شود، طبقه‌بندی می‌شود. پروتکل‌های مدیریت توان می‌توانند به عنوان پروتکل‌های خواب و بیدار مستقل در بالای پروتکل MAC (معمولاً در لایه شبکه یا کاربرد) پیاده‌سازی شوند یا دقیقاً با خود پروتکل MAC یکپارچه شوند. روش دوم بر اساس الگوی خاص خواب و بیداری استفاده شده در مدیریت توان، امکان بهینه‌سازی توابع دستیابی رسانه را می‌دهد. از سوی دیگر، پروتکل‌های خواب و بیداری مستقل از لایه MAC، امکان انعطاف‌پذیری بیشتری را می‌دهند، زیرا می‌توانند متناسب با نیازهای کاربرد طراحی شوند و اصولاً با هر پروتکل MAC قابل استفاده هستند.

<sup>1</sup> Duty Cycling

<sup>2</sup> topology control

<sup>3</sup> power management

### ۳-۲- روش های داده گرا

درواقع طرح های چرخه وظایف، به داده ای که توسط گره های حسگر نمونه برداری می شود، بی توجه هستند. از این رو، روش های داده گرا<sup>۱</sup> حتی می توانند برای افزایش بیشتر بهره وری انرژی به کار روند. در واقع، حسگری داده به دو روش بر مصرف انرژی تاثیر می گذارد: کاهش نمونه های غیر ضروری و اکتساب داده با بهره وری انرژی. از آنجایی که داده های نمونه برداری شده عموماً دارای همبستگی فضایی- زمانی شدیدی هستند، بنابراین، نیازی به ارسال اطلاعات افزونه (تکراری) به سینک وجود ندارد. نمونه های داده غیر ضروری منجر به اتلاف بیهوده انرژی می گردند. حتی اگر هزینه نمونه برداری قابل گذشت باشد، برقراری ارتباطات برای ارسال داده های تکراری باعث اتلاف انرژی می گردد. همچنین در مواردی، بسته به کاربرد ممکن است مصرف زیرسیستم حسگری غیر قابل گذشت باشد. بنابراین مصرف انرژی زیرسیستم حسگری نیز لازم است، کاهش یابد [۶].

معمولاً روش های داده گرا به منظور کاهش میزان داده<sup>۲</sup> نمونه برداری شده همزمان با حفظ دقت حسگری در سطحی قابل قبول برای کاربرد مورد نظر، طراحی می شوند. هدف همه این روش ها، کاهش میزان داده ای است که باید به گره سینک ارسال شود. هرچند، اصولشان با هم متفاوت است. روش های کاهش داده خود به سه دسته تقسیم می شوند.

#### ۱- پردازش درون شبکه ای<sup>۳</sup>:

به معنی انجام اجتماع داده<sup>۴</sup> (محاسبه میانگین مقادیر) یا ترکیب (فیوژن) داده ها در گره های میانی بین منبع تا سینک است. هزینه انرژی ارسال یک بیت واحد از اطلاعات، تقریباً با هزینه انرژی پردازش هزاران عملیات در یک گره حسگر معمولی برابر است. بنابراین، روش کارای دیگر برای کاهش مصرف انرژی، کمینه کردن تعداد ارتباطات است. برای انجام این کار، گره های میانی ممکن است چندین رویداد را در یک رویداد ادغام کرده و میزان ارسال اطلاعات و اندازه کلی داده را برای ذخیره منابع سیستم کاهش دهند. میزان کلی کاهش، عمدتاً به مشخصات داده، نمایش های رویداد و کاربردها وابسته است. از آنجایی که گره های حسگر ممکن است داده های افزونه زیادی را تولید کنند، بسته های مشابه از چندین گره می توانند مجتمع شوند، به طوری که تعداد ارسال ها کاهش یابند [۷].

#### ۲- فشرده سازی داده<sup>۵</sup> (کدینگ شبکه ای):

برای این منظور کاهش میزان اطلاعات ارسالی توسط گره های منبع و بوسیله رمز گذاری اطلاعات در گره های تولید کننده داده و رمزگشایی اطلاعات در گره های سینک انجام می شود. از آن جایی که، روش پردازش درون شبکه ای در مواردی که همه بسته های اصلی در گره های دریافت کننده مورد نیاز هستند، نمی تواند به کار گرفته شود، بنابراین اخیراً روش کدینگ شبکه ای برای کاهش ترافیک کلی در شبکه ها معرفی شده است. ظرفیت چندبخشی<sup>۶</sup> (که به عنوان نرخ بیشینه ای تعریف می شود که یک فرستنده می تواند اطلاعات معمول را به مجموعه ای از گیرندگان ارسال کند) از طریق کدینگ شبکه ای قابل دستیابی است، در حالی که از طریق مسیریابی در حالت کلی قابل دستیابی نمی باشد. ایده اصلی کدینگ شبکه ای، ایجاد امکان ترکیب داده ها ( نظیر عملگر XOR یا ترکیب خطی) در گره های میانی شبکه (رله) است. رمز کردن بسته ها در گره های میانی و سپس ارسال بسته های رمز شده بجای بسته های منفرد، ترافیک را بدون افزایش تاخیر کاهش می دهد. کدینگ شبکه ای می تواند مصرف انرژی را از طریق کاهش میزان ارسال داده، کاهش دهد.

#### ۳- پیش بینی داده<sup>۸</sup>:

<sup>1</sup> data driven  
<sup>2</sup> Data reduction  
<sup>3</sup> In-network processing  
<sup>4</sup> Data aggregation  
<sup>5</sup> Data compression  
<sup>6</sup> Network Coding  
<sup>7</sup> Multicast  
<sup>8</sup> Data prediction

به معنی نگاه انتزاعی از پدیده حس شده است. یعنی مدلی که سیر تکاملی داده را توصیف کند. این مدل، می تواند مقادیر حس شده توسط گره های حسگر را با کران های خطای معین، پیش بینی کند. این مدل هم در گره حسگر هم در سینک قرار می گیرد. اگر دقت مورد نیاز ارضا شود، پرس وجوهای صادر شده توسط کاربران ممکن است از طریق مدل مذکور بدون نیاز به اکتساب داده های دقیق از گره ها، در سینک مورد ارزیابی قرار گیرد. از سوی دیگر اگر این مدل به اندازه کافی دقیق نباشد، یعنی به ارزیابی نمونه های حقیقی نیاز باشد و یا لازم باشد که مدل به روزرسانی شود، ارتباطات آشکارسازی بین گره های حسگر و سینک مورد نیاز خواهد بود. در کل، پیش بینی داده، تعداد اطلاعات ارسال شده توسط گره های منبع و در نتیجه مصرف انرژی مورد نیاز برای برقراری ارتباطات را کاهش می دهد. ویژگی های روش پیش بینی داده به روش ساخت مدل بستگی دارند. سه روش برای ساخت مدل وجود دارد: روش های توصیف تصادفی<sup>۱</sup>، پیش بینی سری های زمانی<sup>۲</sup> و روش های الگوریتمیک<sup>۳</sup> [۸].

### ۳-۳- روش های مبتنی بر قابلیت تحرک

در برخی موارد گره های حسگر متحرک هستند، قابلیت تحرک<sup>۴</sup> می تواند در نهایت به عنوان ابزاری برای کاهش مصرف انرژی (فراتر از طرح های چرخه وظایف و داده گرا) به کار رود. در شبکه حسگر ایستا، بسته هایی که از گره های حسگر می آیند، معمولاً یک مسیر چند پرشی را تا سینک (ها) طی می کنند. بنابراین، برخی از مسیرها ممکن است بیش از سایر مسیرها پر شوند و گره های نزدیک تر به سینک باید بسته های بیشتری را رله کنند. به طوری که بیشتر مورد تخلیه انرژی قرار می گیرند (که به آن اثر قیفی<sup>۵</sup> می گویند). اگر برخی از گره ها (احتمالاً گره سینک) متحرک باشند، جریان ترافیک ممکن است تغییر یابد. اگر دستگاه های متحرک مسؤل جمع آوری مستقیم داده از گره های ایستا باشند، گره های معمولی (ثابت) منتظر دستگاه متحرک و عبور پیغام های مسیر از طریق آن می مانند، به طوری که برقراری ارتباط در نزدیکی هر گره (مستقیماً یا حداکثر با پیمودن چند پرش) رخ می دهد. در نتیجه، گره های معمولی در مصرف انرژی صرفه جویی می کنند، زیرا طول مسیر، میزان درگیری و سربارهای ارسال کاهش می یابد [۸].

### ۴- نتیجه گیری

شبکه های حسگر بی سیم، نسل جدیدی از شبکه ها هستند که به طور معمول، از تعداد زیادی گره ارزان قیمت تشکیل شده اند و ارتباط این گره ها بصورت بی سیم صورت می گیرد. هدف اصلی در این شبکه ها، جمع آوری اطلاعاتی در مورد محیط پیرامون حسگرهای شبکه است. انتخاب بهترین مسیر می تواند بر اساس فاکتورهای مختلفی مانند انرژی مصرفی، سرعت در پاسخگویی و میزان تأخیر، دقت در انتقال داده و ... تحت تاثیر قرار بگیرد. از ابتدای شکل گیری شبکه های حسگر بی سیم یکی از چالش های بسیار مهم و اساسی مساله محدودیت انرژی و بویژه محدودیت آن در نودهای حسگر این شبکه ها بوده است. لذا روش های متعددی پیشنهاد شده است که در این مقاله به تشریح آن ها پرداخته شده است.

### ۵- مراجع

- [1]. Muneebahmdhyiddeen, M., Mohan, R., Anupama, B. L., & Nair, A. V. (2016). Recent Survey on Security in Wireless Sensor Network. *Wireless Communication*, 8(7), 270-273.
- [2]. Shabana, K., Fida, N., Khan, F., Jan, S. R., & Rehman, M. U. (2016). Security issues and attacks in Wireless Sensor Networks. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Electronics Engineering (IJARCSEE)*, 5(7), pp-81.

<sup>1</sup> Stochastic

<sup>2</sup> Time series forecasting

<sup>3</sup> Algorithmic

<sup>4</sup> Mobility

<sup>5</sup> funneling effect

- [3]. Agarkhed, J., Dattatraya, P. Y., & Patil, S. R. (2017). Performance evaluation of QoS-aware routing protocols in wireless sensor networks. In Proceedings of the First International Conference on Computational Intelligence and Informatics (pp. 559-569). Springer, Singapore.
- [4]. Varshney, P. K., Agrawal, G. S., & Sharma, S. K. (2016). Relative performance analysis of proactive routing protocols in wireless ad hoc networks using varying node density. *Invertis Journal of Science & Technology*, 9(3), 161-169.
- [5]. Ahmed, A., Bakar, K. A., Channa, M. I., Haseeb, K., & Khan, A. W. (2016). A trust aware routing protocol for energy constrained wireless sensor network. *Telecommunication Systems*, 61(1), 123-140.
- [6]. Ahmed, A., Bakar, K. A., Channa, M. I., & Khan, A. W. (2016). A secure routing protocol with trust and energy awareness for wireless sensor network. *Mobile Networks and Applications*, 21(2), 272-285.
- [7]. Ahmed, A., Bakar, K. A., Channa, M. I., Khan, A. W., & Haseeb, K. (2017). Energy-aware and secure routing with trust for disaster response wireless sensor network. *Peer-to-Peer Networking and Applications*, 10(1), 216-237.
- [8]. Fang, W., Zhang, C., Shi, Z., Zhao, Q., & Shan, L. (2016). BTRES: Beta-based Trust and Reputation Evaluation System for wireless sensor networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 59, 88-94.