



چهارمین کنفرانس ملی مهندسی برق ایران - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجفآباد - ۸ و ۹ اسفند ۱۳۹۶

ارائه روشی جدید در خوشه بندی به کمک معاونت سرخوشه جهت بهره وری انرژی در شبکه های حسگر بیسیم

نگار آرین فر^(۱) - سید محمود دانشور فرزانگان^(۲)

^(۱) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشکده کامپیوتر، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

^(۲) استادیار دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

Smdanesh@yahoo.com^(۱), negararianfar@yahoo.com^(۱)

چکیده: شبکه حسگر بیسیم متشكل از تعداد زیادی گره های حسگر است که در یک محیط به طور گستردگی پخش شده و به جمع آوری اطلاعات می پردازند. کاهش مصرف انرژی و افزایش طول عمر شبکه یکی از مسائل مهم در شبکه های حسگر بیسیم می باشد. با توجه به محدود بودن منبع انرژی حسگرها، روش های مسیریابی ارائه شده باید انرژی را به صورت بهینه مصرف کنند. در این مقاله برای مسیریابی مبتنی بر خوشه بندی راهکاری به نام "معاونت سرخوشه جهت بهره وری انرژی" پیشنهاد شده است که برای متعادل سازی مصرف انرژی در سطح شبکه و بهبود الگوریتم SEECP، در مرحله انتخاب سرخوشه، سرخوشه و معاون خوشه برای هر خوشه انتخاب می شود. معیار انتخاب سرخوشه در هر مرحله بدین صورت است که در هر خوشه، گره ای که انرژی باقیمانده بیشتری دارد به عنوان سرخوشه انتخاب می شود. همچنین معیار انتخاب معاون خوشه، بیشترین انرژی باقیمانده نسبت به عضوهای دیگر خوشه است. این عمل باعث می شود تا سرخوشه دیرتر تعویض گردد. بنابراین انرژی مصرفی افزایش یافته و گره های بیشتری در مراحل بالاتر زنده می ماند. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که روش پیشنهادی در معیار میانگین انرژی و تعداد گره های زنده حدود ۷۹٪ بهبود حاصل می کند.

کلمات کلیدی: شبکه های حسگر بیسیم، خوشه بندی، سرخوشه، انرژی باقیمانده، الگوریتم SEECP

راهکارها در جهت بهبود این مسئله تبدیل نموده است [۲]. منظور از عمل خوشه بندی، تقسیم کلیه حسگرها شبکه به خوشه ها، می باشد که هر یک از این خوشه ها دارای یک حسگر به عنوان سرخوشه می باشند. وظیفه سرخوشه ها جمع آوری داده از گره های خوشه، تجمع داده ها و ارسال این داده ها به ایستگاه اصلی می باشد. در این پروتکل ها انتخاب یک گره در هر خوشه به عنوان سرخوشه و تجمع داده ها به میزان

۱- مقدمه

شبکه حسگر بیسیم از چندین هزار گره حسگر تشکیل شده است که برای تشخیص رویدادهای محیطی استفاده می شوند. این حسگرها در اندازه کوچک، کم هزینه و کم مصرف هستند که توسط باتری تغذیه می شوند [۱]. عمر محدود باتری گره ها در شبکه ها، مصرف انرژی این دسته از شبکه ها را به یکی از مسائل اصلی شبکه و روش های خوشه بندی را به یکی از اساسی ترین

سرخوشه انتخابی با دریافت پیام‌های ارسالی به عنوان سرخوشه جدید خوش شناخته می‌شود. یک برنامه زمانبند تقسیم زمانی براساس تعداد حسگرهای عضو خوش تنظیم شده، و در اختیار اعضا قرار داده می‌شود. در پژوهش [۴] روشی بنام SEECP^۱ جهت تشییت انرژی شبکه گسترش و معرفی گردیده است. SEECP یکی از راهکارهای کارآمد در جهت خوشبندی و مدیریت شبکه‌های حسگر با هدف بهینه سازی انرژی مصرفی و سربارهای تحمیلی به شبکه است برای این امر SEECP با تمرکز بر نزدیکی به چاهک و بهینگی انرژی، شایسته‌ترین حسگر با برتری انرژی، تعداد دور و موقعیت به نسبت چاهک، به عنوان سرخوشه انتخاب خواهد گردید. SEECP در هنگام راه اندازی شبکه تعداد سرخوشه‌های بهینه را معین نموده و در ادامه حسگرهای شبکه را به صورت تصادفی در اولین دور به عنوان سرخوشه انتخاب می‌نماید.

در پژوهش [۶] روشی با نام NCHSA^۲ توسعه و معرفی گردیده است. مبنای عملکرد NCHSA انتخاب شایسته‌ترین حسگر سرخوشه بر مبنای انرژی در دسترس حسگرها به نسبت انرژی اولیه، تعداد دور سرخوشه درگذشته صورت می‌پذیرد. حسگرها به صورت تصادفی در شبکه توزیع می‌شوند.

در پژوهش [۷] روشی با نام RDBC^۳ توسعه و گسترش یافته است. RDBC بر مبنای تعداد مسافتی حسگرها تا ایستگاه پایانی یک شمارنده معکوس تنظیم نموده به طوری که گرهای که سریع‌تر شمارنده‌اش صفر گردد و دارای بهترین شاخص‌های انرژی باقیمانده، و تعداد دور کمتر سرپرستی در گذشته باشد به عنوان سرپرست انتخاب و یک پیام اعلان سرپرستی برای گرهای اطراف منتشر می‌نماید. پس از تعیین سرپرست خوشه، یک برنامه زمانبند تنظیم و در اختیار اعضا مشخص شده قرار می‌گیرد. در ادامه بر همین مبنای تبادلات با سرخوشه انجام گردیده و سرپرست خوشه تا

زیادی در افزایش طول عمر شبکه موثر است، زیرا کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم رابطه مستقیمی با افزایش طول عمر آنها دارد. برای افزایش طول عمر شبکه در این پروتکل‌ها سعی می‌شود باز مصرف انرژی به صورت متعادل بین گرههای شبکه با استفاده از انتخاب سرخوشه‌ها، توزیع شود [۳]. در این مقاله با در نظر گرفتن انرژی باقی‌مانده‌ی اعضا خوشه در فرآیند انتخاب سرخوشه و معاون سرخوشه یک پروتکل کارآمد در مصرف انرژی شبکه ارائه شده است. در واقع در این پژوهش سعی بر این است روش ارائه شده در مقاله [۴]، یعنی پروتکل SEECP را بهبود بخشد. در روش پیشنهادی، یکی از سرخوشه‌ها وظایف مرتبط با داخل خوشه را بر عهده خواهد داشت و دیگر سرخوشه وظایف مربوط به ارسال و دریافت داده‌ها با ایستگاه پایانی یا خوشه‌های نزدیک ایستگاه پایانی را به عهده خواهد داشت.

در بخش دوم این مقاله، مروری بر کارهای پیشین در حوزه خوشبندی خواهد شد. در بخش سوم مروری خواهیم داشت بر روش‌های ارایه شده برای خوشبندی گرههای در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، در بخش چهارم برخی مفاهیم اولیه در خصوص روش پیشنهادی و در بخش پنجم و ششم پروتکل پیشنهادی و نتیجه گیری مطرح می‌شود.

۲- مروری بر کارهای انجام شده

در پژوهش [۵] روشی با نام IABC^۱ گسترش و معرفی گردیده است. IABC مبتنی بر الگوریتم توسعه-یافته کلونی زنبور و بر اساس مزایای این الگوریتم چارچوب عملیاتی خود را توسعه می‌دهد. بر IABC مبنای دنباله‌ای از رفتار سرخوشه‌ها در دورهای متوالی سرخوشه بهمنظور انتخاب شایسته‌ترین حسگر سرخوشه با ترکیبی از انرژی در دسترس حسگرها، تعداد دور، و فاصله تا چاهک عمل می‌نماید. حسگر

¹ Improved a Base Energy-Efficient Clustering

² Stable Energy Efficient Clustering Protocol

³ Novel Cluster Head Selection Algorithm

⁴ Randomized Distance Based Clustering

پارامترهای $\varepsilon_{\text{friss_amp}}$ و $\varepsilon_{\text{two_ray_amp}}$ عوامل تقویت کننده برای مدل فضای خالی و دو اشعه^۱ را به ترتیب نشان می‌دهد. مقدار d_0 از طریق فرمول ۴ محاسبه می‌شود:

$$d_0 = \sqrt{\varepsilon_{\text{friss_amp}} / \varepsilon_{\text{two_ray_amp}}} \quad (4)$$

برای دریافت یک بسته داده‌ی k بیتی مقدار انرژی هزینه شده برابر است با:

$$E_{\text{Rx}}(k) = k E_{\text{Rx}} \quad (5)$$

۳-۳-۱- پروتکل SEECP

همانطور که اشاره شد، در این پژوهش سعی بر این است تا روش ارائه شده در مقاله [۴] یعنی پروتکل SEECP بهبود یابد. پروتکل SEECP در هر دور به فاز نصب و فاز حالت پایدار تقسیم می‌شود.

۳-۳-۲- فاز نصب

در دور نخست، ایستگاه پایه (نهایی) به‌طور ثابت ۵ صدم درصد از سرخوشه‌های تصادفی را از گره‌های شبکه انتخاب می‌کند. در دورهای بعدی گره‌هایی که انرژی باقیمانده‌ی بالاتری دارند به عنوان سرخوشه انتخاب می‌شوند. سرخوشه‌های منتخب وضعیتشان را توسط اعلان پیامی با استفاده از پروتکل CSMA به شبکه‌ای که شامل شناسه‌ی (ID) سرخوشه‌هاست، منتشر می‌کنند. گره‌ها پاسخ درخواست پیوستن به نزدیکترین سرخوشه را با استفاده از پروتکل دسترسی به رسانه CSMA می‌دهند. سرخوشه‌های منتخب، یک برنامه-ی زمانبندی TDMA به منظور ارتباط اعضای خوشه‌ها نصب می‌کنند که به اعضای خوشه اجازه می‌دهد تا داخل خوشه با هم ارتباط برقرار کنند. این برنامه‌ی زمانبند قادر است وضعیت گره‌ها را تغییر دهد و مشخص کند چه زمانی گره‌ها در حالت خواب باشند و چه زمانی شروع به دریافت و انتقال داده باشند.

۳-۳-۲- فاز حالت پایدار

یک دوره زمانی مشخص به عنوان سرپرست خواهد ماند و در ادامه تغییر خواهد یافت.

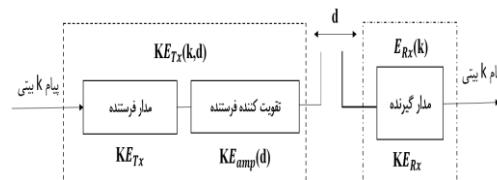
۳- مدل شبکه و انرژی

۳-۱- مدل شبکه

در این پژوهش، شبکه حسگر بیسیمی مشتمل بر ۱۰۰ گره و یک گره ایستگاه مرکزی به صورت تصادفی با توزیع یکتواخت در شبکه توزیع می‌شوند. ایستگاه مرکزی خارج از شبکه‌ی مشتمل بر ۱۰۰ گره قرار دارد.

۳-۲- مدل انرژی

در این مقاله همانند مرجع [۴] از یک مدل ساده‌ی انرژی برای انتقال انرژی مصرفی استفاده می‌شود که باعث اجرای الکترونیک‌های رادیویی برای فرستادن و تقویت کردن سیگنال‌ها می‌شود. دریافت کننده‌ی انرژی پراکنده تنها برای پذیرش در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. نمودار مدل انرژی رادیویی [۴]

برای فرستادن یک بسته k بیت داده روی یک جداینده‌ی d ، انرژی مصرف شده برابر است با:

$$E_{\text{Tx}}(k,d) = E_{\text{Tx}}(k) + E_{\text{amp}}(k,d) \quad (1)$$

$$E_{\text{Tx}}(k,d) = KE_{\text{Tx}} + KE_{\text{amp}}(d) \quad (2)$$

عبارت E_{Tx} نشان دهنده‌ی انرژی مصرف شده به ازای هر بیت در طول انتقال می‌باشد. $E_{\text{amp}}(d)$ انرژی هر بیت را تقویت می‌کند:

$$E_{\text{amp}}(d) = \begin{cases} \varepsilon_{\text{friss_amp}} & d^2 : d < d_0 \\ \varepsilon_{\text{two_ray_amp}} & d^4 : d > d_0 \end{cases} \quad (3)$$

^۱ Two_ray

گره‌های سرخوش (CH) که به BS نزدیکتر هستند، به عنوان گره‌های بازپخش و تقویت کننده برای سرخوشه‌های دور به منظور حفظ مصرف متوازن انرژی و کاهش هزینه انتقال عمل می‌کنند. با استفاده از نظریه‌ی هندسی، مقدار بهینه فاصله برای سرخوشه‌ی دور به ارسال داده‌ها از طریق dual-hop به ایستگاه مرکزی نصف $Z_{\max}/2$ است.

بنابراین شعاع دایره $R = (\sqrt{X_{\max}^2 + Y_{\max}^2})/4$ می‌باشد. اگر فاصله‌ی بین سرخوشه CH و ایستگاه مرکزی BS کمتر از R باشد، سرخوشه داده‌ها را به صورت مستقیم به ایستگاه مرکزی ارسال می‌کند. در غیر اینصورت، یک گره‌ی دیگر به عنوان سرخوشه یا معاون سرخوشه اصلی در شعاع R از ایستگاه مرکزی به عنوان گره‌ی رله عمل می‌کند و سرخوشه از طریق آن داده‌های خود را به ایستگاه مرکزی منتقل می‌کند.

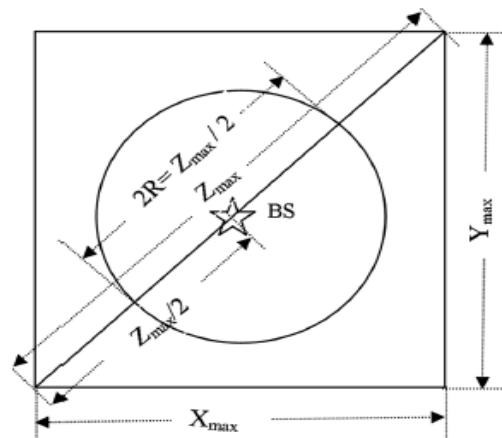
۴- روش معاونت سرخوشه جهت بهره وری انرژی ^۳ ECHP

در روش پیشنهادی که به نام معاونت سرخوشه جهت بهره وری انرژی یا به اختصار ECHP نامیده شده است، ایده اصلی برای بهبود مصرف انرژی، استفاده از سرخوشه و معاون سرخوشه می‌باشد. در این مقاله سعی شده است تا کارایی راهکار ارائه شده در [۴] برای افزایش طول عمر شبکه، بهبود داده شود. شکل ۳ فلوچارت روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. طبق شکل ۳ در مرحله‌ی اول مرحله تعیین حسگر سرخوشه صورت می‌گیرد. بدین ترتیب برای انتخاب یک حسگر به عنوان سرخوشه، انرژی باقیمانده حسگرها بررسی می‌شود. حسگر با انرژی بیشتر، خود را به عنوان سرخوشه انتخاب می‌کند و یک پیام اعلان را در شبکه پخش^۴ می‌کند. در مرحله‌ی بعد، برای خوشه بندی باید حداقل اعضاء خوشه برای سرخوشه انتخاب شده

در این مرحله، هر گرهی غیرسرخوش، داده‌های دریافتی را زمانی که رویدادی رخ دهد به سرخوشی مربوطه انتقال می‌دهد. یعنی $C(V) \geq H(T)$ ، که $C(V) \geq H(T)$ مقدار آستانه‌ی ارزش کنونی صفت دریافت شده و $H(T)$ مقدار آستانه‌ی سختی است. انتقال بعدی تنها در موقعیتی امکان پذیر است که $C(V) - S(V) \geq S(T) - H(T)$ برقرار باشد. $S(V) \geq S(T)$ مقدار حس شده (دریافت شده) و $H(T) \geq S(T)$ مقدار حد آستانه‌ی نرم می‌باشد. پس روش پیشنهادی از دو حد آستانه اسفاده می‌کند، آستانه سخت (HT)^۱ برای صفتی که حس شده است انتخاب می‌گردد و آستانه نرم (ST)^۲ برای نمایش تغییرات کوچک در مقادیر صفات حس شده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۳-۳- معیارهای انتخاب R

بررسی یک ایستگاه پایه BS در مرکز میدان ابعادی (X_{\max}, Y_{\max}) همانند شکل ۲ دارد. انتخاب مناسب شعاع R در محدوده‌ی BS برای ارتباط دو گامی، یک نقش مهم در بهبود کارایی انرژی بازی می‌کند.



شکل ۲. انتخاب شعاع R براساس BS برای ارتباط دوگانه [۴]

¹ Hard Threshold

² Soft Threshold

³ Energy Efficient Co-Clustering Head Protocol

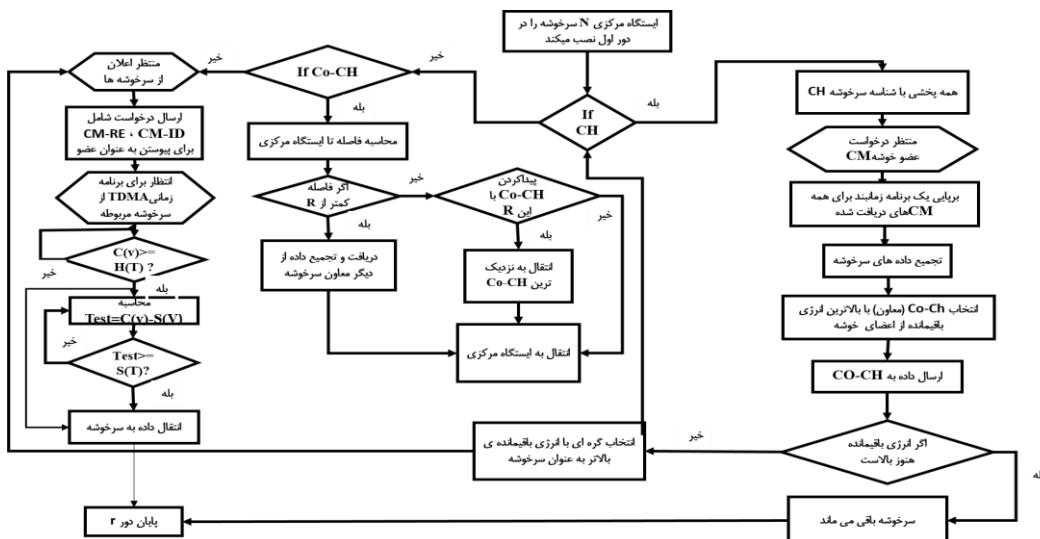
⁴ Broadcast

جمع آوری شده را به معاون خوشة ارسال می‌کند و معاون اطلاعات دریافتی را به ایستگاه پایه انتقال می‌دهد. اگر انرژی باقیمانده‌ی سرخوشة همچنان مقدار بالای نسبت به سایر گره‌های عضو خوشة باشد، سرخوشة باقی می‌ماند و دور Γ به پایان می‌رسد. اما اگر انرژی باقیمانده‌ی سرخوشة مقدار کمتری نسبت به سایر گره‌ها باشد، گرهی دیگری در همان خوشة که انرژی بالاتری دارد به عنوان سرخوشة انتخاب می‌شود.

۵- نتایج شبیه سازی

در این قسمت روش ECHP با روش SEECP به کمک نرم افزار MATLAB شبیه سازی شده و کارایی روش

تعیین شود. حداکثر تعداد اعضاء خوش بستگی به فاصله سرخوشه از ایستگاه اصلی و انرژی باقی مانده سرخوشه دارد. پس از تعیین تعداد اعضاء خوش، سرخوشه یک پیام به نزدیکترین حسگرهای همسایه ارسال می‌کند و در صورتی که حسگرها عضو خوش دیگری نباشند پیام درخواست عضویت در خوش را به سرخوشه ارسال می‌کنند و خوش بندی انجام در مرحله جمع‌آوری داده‌ها، داده‌ها توسط حسگرها از محیط جمع‌آوری شده و به وسیله‌ی اعضای خوش دست به دست تحويل سرخوشه می‌شود تا به ایستگاه پایه برسد. پس حسگرهای عضو، داده‌ها را از محیط جمع‌آوری کرده و در زمان زمانبندی خودشان به سرخوشه ارسال



شكل ۳. فلوچارت روش ECHP

پیشنهادی ECHP با روش SEECP مقایسه شده است.

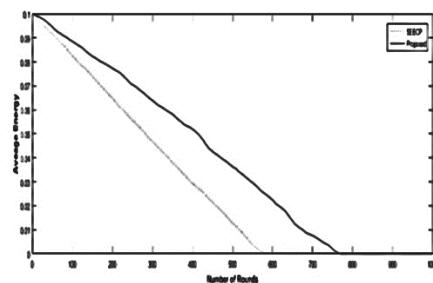
می‌کنند. در این زمان فرستنده‌ی رادیویی سایر حسگرهای، تا زمان فرا رسیدن زمان ارسال خودشان خاموش هستند تا انرژی آنها خاموش گردد.

فرضیات و پارامترهایی که برای شبیه سازی در نظر گرفته شده است، مطابق حداکثری باشد.

جدول ۱. یارامترهای شبیه سازی

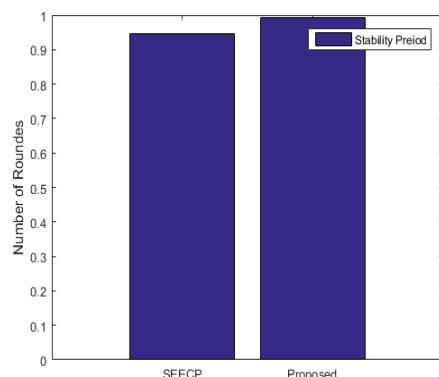
ارزش	پارامتر
------	---------

سپس سرخوشه‌ها بعد از جمع‌آوری داده‌ها، عمل تجمیع داده‌ها را بر روی داده‌های دریافتی انجام می‌دهند و داده را به یک بسته K بیتی تبدیل می‌کنند. بعد از اینکه سرخوشه داده‌ها را اعضای خوش دریافت کرد، و بعد از تجمیع داده‌ها خوش‌های را که انرژی باقیمانده‌ی بیشتری نسبت به سایر اعضای خوش دارد، به عنوان معاون خود انتخاب می‌کند. بنابراین داده‌های



شکل ۵ . میانگین انرژی باقیمانده در هر دور در روش SEECP و پروتکل ECHP

شکل ۶ پایداری روش ECHP نسبت به پروتکل SEECP را نشان می‌دهد. تقریباً پایداری با استفاده از روش پیشنهادی بهبود یافته است. این بهبود به علت تقسی وظایف بین سرخوشه و معاون آن می‌باشد. به عنوان مثال اگر سرخوشه‌ی دیگری از سرخوشه انتخاب شده‌ی ما درخواست بازپخش اطلاعات را داشت، معاون سرخوشه‌ی انتخابی این کار را به عهده می‌گیرد. بنابراین سرخوشه اطلاعات را اول به معاون خود ارسال می‌کند سپس معاون آن را به ایستگاه مرکزی انتقال می‌دهد.



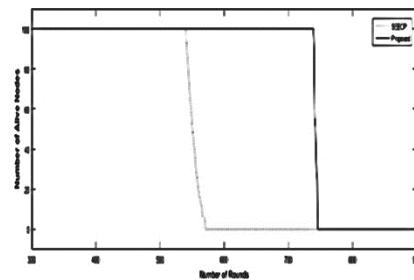
شکل ۶ نتایج کارایی روش ECHP و پروتکل SEECP

۶- نتیجه گیری و کارهای آینده

در این مقاله راهکاری پیشنهادی به نام معاونت سرخوشه جهت بهره وری انرژی یا ECHP ارائه شده است که برای متعادل کردن مصرف انرژی شبکه، برای هر خوشه از یک سرخوشه و معاون سرخوشه استفاده

۱۰۰	تعداد گره‌ها، N
100×100	ابعاد شبکه (ابعاد x و y)
50×50	مختصات ایستگاه مرکزی
$1,0$ ژول	انرژی ابتدایی گره، E_0
$0,05$	تعداد خوشه‌های سرخوشه، k
n ژول بر بیت	انرژی الکترونیک‌های رادیویی $E_{Rx}(k)=kE_{Rx}$
100 پیکوژول بر بیت m^2	انرژی تقویت کننده رادیویی ϵ_{friss_apm}
13 پیکوژول بر بیت m^4	انرژی تقویت کننده رادیویی $\epsilon_{two_ray_apm}$

در شکل ۴ و ۵ طول عمر شبکه و میانگین انرژی باقیمانده در هر دور نشان داده شده است. روش ECHP مدت عمر و میانگین انرژی باقیمانده‌ی بهتری نسبت به روش SEECP دارد، به این دلیل که در الگوریتم پیشنهادی علاوه بر سرخوشه، وجود معاون سرخوشه باعث توزیع بار و صرفجویی در انرژی شده است.



شکل ۷. مقایسه طول عمر شبکه بین روش ECHP و SEECP پروتکل

- [3] Pradhan.N, Sharma.K, and Singh V. K, "A Survey on Hierarchical Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks," *ENERGY*, Vol.134,pp. 134-138, 2016.
- [4] Mittal .N, Singh .U, and Sohi .B. S, "A stable energy efficient clustering protocol for wireless sensor networks," *Wireless Networks Springer Journal*, Vol. 24, pp. 1-13, 2016.
- [5] Mann.P. S, and Singh.S, "Improved metaheuristic based energy-efficient clustering protocol for wireless sensor networks," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 57, pp. 142-152, 2017.
- [6] Biswas.S,"A Novel Cluster Head Selection Algorithm for Energy-Efficient Routing in Wireless Sensor Network," *Advanced Computing (IACC)*,Vol.10, pp. 588-593, 2016.
- [7] Bista .R., and Shakya .A, "Randomized Distance Based Clustering Algorithm for Energy Efficient Wireless Sensor Networks," *Advanced Computing and Communication Technologies*, Vol. 452, pp. 377-389, 2016.
- [8] Bsoul.M, Khasawneh.A, Obeidat, "An Energy-Efficient Threshold-Based Clustering Protocol for Wireless Sensor Networks," *International Journal of Distributed Sensor Networks Springer*, Vol. 10, pp. 99-112, 2015.

می کند. روش ECHP برای انتخاب سرخوشهای از معیار بیشترین انرژی باقیمانده در گرهها استفاده می کند. یعنی گرهای که بیشترین انرژی را در خوشه دارد به عنوان سرخوشه در نظر گرفته می شود. انتخاب سرخوشه قطعی در کاهش تعادل بار نامناسب در میان گره ها و فراهم آوردن انرژی متعدد انرژی کمک می کند. معاون خوشه نیز یکی از گره های خوشه به غیر از سرخوشه با بیشترین انرژی انتخاب می شود. این گره وظیفه ارسال بسته های تجمیع شده توسط سرخوشه به ایستگاه مرکزی دارد. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که پروتکل ECHP از لحاظ تعادل بار، بهره وری انرژی، و پایداری بهتر از روش SEECP در مقاله [۴] می باشد. شبیه سازی های این پژوهش نشان داد پروتکل ECHP به طور میانگین با احتساب بهبود در انرژی مصرفی کل شبکه و تعداد گره های زنده مانده و مرده در دوره ای اولیه و دور میانی و در پایان دورها، به میزان ۷۹ درصد عملکرد پروتکل SEECP را بهبود بخشیده است.

برای فعالیت بیشتر و کارهای آینده در جهت گسترش و افزایش کارایی این الگوریتم می توان با بهینه تر کردن نحوه انتخاب سرخوشه و در نظر گرفتن پارامترهای گوناگون بیشتر دیگر، میزان صلاحیت گره ها را برای سرخوشه شدن در هر دوره با دقت بیشتری محاسبه نمود و عمل انتخاب سرخوشه را بهینه تر و بر اساس انتخاب گره های با بیشترین صلاحیت انجام داد و میزان بهینه سازی مصرف انرژی را در آن حالت نیز بررسی نمود.

۷- مراجع

- [1] Liang,C, Chengchao, and F. R. Yu, "Wireless network virtualization: A survey, some research issues and challenges," *Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 17, pp. 358-380, 2015.
- [2] Stein,M,et al., "Evaluation study for clustering in wireless sensor networks," *Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP)*, Vol.10, pp. 1-6, 2016.