استفاده از مسیریابی شبکه‌های رادیو شناختی جهت کاهش مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم به کمک الگوریتم دایجکسترا

افسانه ابراهیمی [۱*]، سید عبید پوردانش [۲]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی کامپیوتر، دانشگاه آزاد واحد سپیدان
۲- کارشناس فنی
*پست الکترونیک نویسنده مسئول: afsaneh_600@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۷ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۱۵

چکیده

مسئله بهبود مصرف انرژی در گره‌های حسگر با استفاده از مسیریابی شبکه رادیو شناختی به کمک الگوریتم دایجکسترا، می‌تواند کمک زیادی در افزایش طول عمر گره‌ها کرده و مشکل کمبود طیف را بهبود بخشد بدون اینکه سرعت تبادل اطلاعات کاسته شود. با اعمال یک حد آستانه، حفره‌های حاوی انرژی در کانال را تشخیص داده و در نهایت طیف به کاربران ثانویه تخصیص داده می‌شود. از نتایج شبیه‌سازی‌شده از مسیریابی شبکه رادیو شناختی مبتنی بر الگوریتم دایجکسترا مشاهده می‌شود، گره‌های حسگر در ارسال اطلاعات از گره مبدأ به گره نهایی از کوتاه‌ترین و بهترین مسیر استفاده می‌کنند. مصرف انرژی در گره‌های حسگر با الگوریتم دایجکسترا به میزان ۸۰ درصد کمتر از الگوریتم‌های همچون LEACH, DASC, EEUC می‌باشد که این عامل سبب افزایش طول عمر گره‌ها در شبکه می‌شود.

کلیدواژگان: شبکه‌های رادیو شناختی، حفره طیفی، شبکه‌های حسگر بی‌سیم، انرژی، الگوریتم دایجکسترا

The Use of Cognitive Radio Networks Routing to Reduce Energy Consumption in Wireless Sensor Networks Dayjkstra Algorithm

Afsaneh Ebrahimi[1], Sayyed Obaid Poordanesh[2]

1-M.Sc. Student of Computer Engineering, Islamic Azad University, Sepidan, Iran
2- Technical, Iran
*Corresponding author, E-mail address: afsaneh_600@yahoo.com

Received: 06.06.2016 Accepted: 04.04.2017

Abstract

The reduction of energy consumption on sensor nodes using cognitive radio network routing algorithm to help Dayjkstra, Can help a lot in increasing the life of nodes and improve the whole problem of the exchange of information without slowing down. Holes containing channel energy threshold is detected and checked by applying a range of secondary users assigned. From the simulation results of cognitive radio-based network routing algorithm can be seen Dayjkstra sensor nodes send data from the source node to the final node of their shortest and best route. Energy consumption by as much as 80 percent less sensor nodes with Dayjkstra algorithm of algorithms such as LEACH, DASC, EEUC that this factor is an increase in the lifetime of nodes in the network.

Keywords: Cognitive radio networks, Spectral hole, Wireless sensor networks, Energy, The algorithm dayjkstra

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-09-06]

۱- مقدمه

به مجموعه‌ای از گره‌های حسگر بی‌سیم که به‌طور تصادفی در محیط پراکنده شده‌اند، شبکه حسگر بی‌سیم گفته می‌شود. عملکرد شبکه‌های حسگر بی‌سیم شناسایی محیط یا اهداف خاص می‌باشد که در نهایت این اطلاعات موردنظر را دریافت، ذخیره، پردازش و ارسال نمایند. به دلیل کم هزینه بودن میکروسنسورها در این شبکه‌ها، واکنش بسیار خوبی برای نظارت بر محیط‌های فیزیکی از خود نشان می‌دهند و در شرایط مختلف از جمله رطوبت، روشنایی، صدا، حرکت، فشار و در هر درجه‌ای از هوا نیز کارایی بسیار بالایی دارند. گره‌های حسگر بعد از دریافت اطلاعات و پردازش، اطلاعات به دست آمده را به کاربر نهایی ارسال می‌کنند [۱]. فاصله تا گره مرکزی و نیز انرژی باقی‌مانده در گره، دو پارامتر مهم در طول عمر گره‌های شبکه حسگر بی‌سیم هستند و تأثیر بسزایی در آن دارند. طبیعتاً هر چه فاصله تا گره مرکزی بیشتر باشد انرژی بیشتری برای ارسال داده مصرف می‌شود؛ بنابراین باید از الگوریتم‌های در این راستا استفاده گردد که بتواند فاصله گره تا گره مرکزی را بهبود بخشد و کمتر نماید [۲]؛ بنابراین، مهم‌ترین چالش در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، محدود بودن منابع انرژی گره‌های حسگر است که انرژی موجود در هر گره باید به‌عنوان یک اولویت اصلی در طراحی پروتکل‌های مسیریابی در نظر گرفته شود [۱]. شبکه حسگر بی‌سیم رادیو شناختی در رفع مشکلاتی نظیر کمبود طیف، تداخلات یا اتصالات قابل‌اعتماد می‌تواند مفید باشد [۳]. در حال حاضر در بسیاری کشورها از سیاست تخصیص به‌صورت استاتیک استفاده می‌شود که سبب بهره‌وری نامناسب از طیف شده است. به همین علت برای دسترسی به طیف دو روش مدیریت به نام‌های تخصیص طیف به‌صورت استاتیک و تخصیص طیف به‌صورت پویا معرفی شد [۴]. در تحقیقات انجام‌شده، با توجه به مقتضیات زمانی و مکانی، میزان استفاده از طیف توسط کاربران دارای مجوز، کمتر از ۶ درصد طیف فرکانسی اشغال شده است. طبق این تحقیقات مشخص شده که قسمت وسیعی از طیف فرکانسی تخصیص داده به کاربران دارای مجوز، استفاده نمی‌گردد [۵]. در شبکه رادیو شناختی به کاربران بدون مجوز این فرصت داده می‌شود که از کانال بی‌سیم اشتراک گذاشته شده استفاده کنند [۶]. در شبکه‌های رادیو شناختی دودسته کاربر حضور دارند. دسته اول کاربران اولیه یا مجوز دار است که در یک باند فرکانسی مختص به خود فعالیت دارند. دسته دوم کاربران ثانویه یا بدون مجوز هستند که حفره‌های طیفی را شناسایی کرده و با توجه به حضور یا عدم حضور کاربران اولیه، از کانالی به کانال دیگری جابه‌جا می‌شوند [۷]. شبکه‌های حسگر بی‌سیم (WSN)، هر گره در سه حالت قرار دارد که شامل ارسال کردن و دریافت کردن اطلاعات و یا بیکار می‌باشد. در شبکه حسگر رادیو شناختی (CRSN)، علاوه بر سه حالت گفته شده، حالت حس کردن طیف را نیز دارد یعنی گره حسگر به دنبال پیدا کردن حفره طیفی می‌باشد [۸]. عدم حضور کاربر اولیه و عدم استفاده به‌صورت مداوم در طیف فرکانسی باعث به وجود آمدن مفهومی به نام حفره طیفی شده است؛ بنابراین حفره طیفی یک باند فرکانسی است که کاربر اولیه یا مجوزدار در یک زمان خاص و مکان خاص، از باند فرکانسی متعلق به خود استفاده نمی‌کند و به‌عنوان طیف استفاده نشده محسوب می‌گردد [۹]. در نظریه‌ها و مقالات مختلفی که تاکنون برای بهبود مصرف انرژی شبکه‌های حسگر بی‌سیم با مسیریابی شبکه رادیو شناختی ارائه شده است اما در هیچ تئوری از مبحث گراف و الگوریتم‌های درختی استفاده نشده است. به کمک الگوریتم دایجکسترا می‌توان بهترین و کوتاه‌ترین مسیر از گره حسگر به ایستگاه مبنا، برای انتقال داده انتخاب نمود که این موضوع مسئله مهمی در افزایش طول عمر شبکه‌های حسگر بی‌سیم دارد. الگوریتم دایجکسترا از روش ماتریس مجاورت گراف برای پیدا کردن کوتاه‌ترین مسیر با وزن $W_{ij}>=0$ استفاده می‌کند [۱۰]. در این الگوریتم به ترتیب اطلاعات گره‌ها ثبت می‌شود و طبق معیار مشخصی در هر مرتبه، بهترین گره را انتخاب می‌کند و گره‌های گزینش شده قبلی یا حتی گره‌های که در آینده خواهد دید، تأثیری بر انتخاب کنونی نخواهد داشت. پیشینه فناوری شبکه‌های حسگر بی‌سیم، به سال ۱۹۷۰ برمی‌گردد و کاربرد آن در تمام زمینه‌های مختلف در حال گسترش است. مهم‌ترین مسئله گره‌های حسگر، باتری محدود آن‌ها می‌باشد که با تمام شدن شارژ باتری، عمر گره تمام می‌شود. در این زمینه پروتکل‌های زیادی ارائه شده است: در سال ۲۰۰۴، یونیز و فهمی، پروتکل خوشه‌بندی توزیع شده با انرژی ترکیبی را مطرح کردند که بر طبق آن بهترین معیار برای افزایش طول عمر شبکه می‌تواند بر اساس انرژی باقی‌مانده در هر خوشه و هزینه ارتباطات برای انتخاب سرخوشه جدید باشد [۱۱]. در سال ۲۰۱۱، رحمانی و همکارانش، جهت بهبود مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم، الگوریتم ژنتیک را ارائه کردند [۱۲]. در سال ۲۰۱۵، الهابیان و همکارانش، پروتکلی به نام بهینه‌سازی ازدحام ذرات

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-09-06]

دولایه‌ای برای خوشه‌بندی و مسیریابی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم را مطرح کردند. در این مدل، دولایه با N گره حسگر و K سرخوشه و یک ایستگاه مبنا در شبکه نظر گرفته می‌شود [۱۳]. در سال‌های اخیر برای بررسی چالش شبکه‌های حسگر بی‌سیم، شبکه رادیو شناختی به‌عنوان بستر ارتباطی مطرح شده و مقالات متعددی نیز ارائه شده است. در سال ۲۰۱۱، کامار و همکارانش، مسیریابی ارتباطات چندهاب را پیشنهاد کردند. این الگوریتم دارای سه مجموعه گره‌های حسگر با سطح انرژی‌های اولیه مختلف تشکیل می‌شود [۱۴]. در سال ۲۰۱۵، تایگان و همکارانش، برای مسیریابی گره‌ها، روش مسیریابی و خوشه‌بندی بر فاصله مبتنی در چندهاپ پیشنهاد داده‌اند. در این روش گره‌ها به دو سطح پیشرفته و فوق پیشرفته متناسب با انرژی باقی‌مانده تقسیم می‌شوند. در حقیقت، هدف آن بررسی فاصله گره‌های حسگر و همچنین بهینه‌سازی مؤثر در انتخاب سرخوشه‌های که بیش‌ترین انرژی را دارند [۱۵]. در این مقاله از الگوریتم دایجکسترا برای پیدا کردن کوتاه‌ترین و بهترین مسیر استفاده شده است. در سال ۱۹۵۹، دایجکسترا، کوتاه‌ترین مسیر بین گره‌ها را با فرض کردن N گره در نقاط متفاوت یک محیط به دست آورد [۱۶]. در این الگوریتم، رئوس در یک صف اولویت قرار می‌گیرند و راسی که هزینه مسافت کمترین داشته باشد از صف انتخاب می‌شود و به یک مجموعه منتقل می‌گردد. برای همه یال‌های که از رئوس خارج می‌شوند عمل مسیریابی انجام می‌شود.

در ادامه این مقاله، در بخش سوم، به شرح مسئله پرداخته شده است که در واقع به بررسی راهکارها و فرمول‌های انتخاب شده در زمینه کاهش مصرف انرژی برای شبیه‌سازی استفاده شده است. بخش چهارم مقاله، معرفی طرح پیشنهادی بهبود مصرف انرژی در شبکه‌های حسگر بی‌سیم با استفاده از مسیریابی شبکه‌های رادیو شناختی به کمک الگوریتم دایجکسترا بوده و در مصرف انرژی گره‌های حسگر در ارتباطات بی‌سیم تأثیرگذار باشد. بخش پنجم به مقایسه الگوریتم دایجکسترا با سایر الگوریتم‌های انجام شده در زمینه افزایش طول عمر گره‌های حسگر می‌باشد. بخش شش و هفت، نتیجه‌گیری و منابع هستند.

۲- شرح مسئله

برای جایگزین نمودن شبکه رادیو شناختی در بستر ارتباطی بین گره‌های حسگر نیاز به مدیریت طیف می‌باشد که شبکه‌های حسگر بی‌سیم به چند زیر بخش اصلی تقسیم می‌شود:

۱. حس کردن طیف: با حس کردن طیف می‌توان از وجود کاربر اولیه در طیف مطلع شد. تشخیص سیگنال‌های ضعیف کاربران اولیه، از طریق حس کردن زمان حقیقی باند فرکانس انجام می‌شود [۱۷]. توانایی حس کردن طیف مرتبط است با توانایی آگاه بودن در هر زمان از ویژگی‌های طیف و تغییر پارامترهای انتقال به‌صورت پویا می‌باشد [۳].

۲. تصمیم‌گیری طیف: کاربر اولیه درخواست باند فرکانسی را دارد که کاربر ثانویه در آن طیف حضور دارد. کاربر ثانویه سریعاً با توجه به عوامل متعددی همچون ظرفیت کانال تعیین‌شده، میزان خطای کانال و غیره طیف مناسب را انتخاب می‌کند [۱۹]. این زمان‌بندی و برنامه‌ریزی برای دسترسی به طیف توسط اطلاعات جمع‌آوری‌شده از طریق حس کردن طیف برای نقل‌مکان کاربر ثانویه می‌باشد [۱۸].

۳. به اشتراک گذاشتن طیف: بعد از انتخاب باند فرکانس مناسب برای انتقال، حفره طیفی به کاربران بدون مجوز تخصیص داده می‌شود. مرحله دستیابی به طیف بر مبنای پروتکل دستیابی متوسط انجام می‌شود که از ایجاد برخورد بین کاربران اولیه و کاربران ثانویه جلوگیری می‌کند [۱۸].

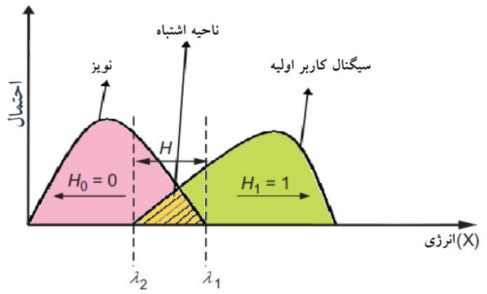
۴. تحرک طیفی و تغییر کانال مورد استفاده: حضور کاربر مجوز دار سبب می‌شود که کاربر بدون مجوز در هر وضعیت باند فرکانس را رها کند و عملیات تحرک طیفی رخ می‌دهد [۱۷]. در حقیقت، تعویض باند فرکانسی کاربران رادیو شناختی را تحرک طیفی می‌گویند [۱۸]. از طریق تعریف یک میزان آستانه معین می‌توان تداخل بین کاربران را تحت نظر گرفت. البته باند فرکانس را می‌توان به‌صورت اشتراکی مورداستفاده قرار داد و زمانی که کاربر اولیه در طیف حضور دارد و فعالیت انجام می‌دهد کاربر ثانویه می‌تواند بدون ایجاد تداخلی به‌صورت هماهنگ و هم‌زمان به کار خود ادامه دهد [۱۹].

چنین سیکل شناختی با عملکردهای حسگری طیف و آنالیز، مدیریت طیف و کنار گذاری، تخصیص و تقسیم طیف پشتیبانی می‌شود. به‌طورکلی بعد از تشخیص فضای سفید طیف از طریق حس کردن طیف، کاربران ثانویه به کمک مدیریت طیف و تحلیل طیفی، باید بهترین باند فرکانسی را از میان باندهای فرکانسی متعدد طبق ویژگی‌های کانال برای ادامه کار انتخاب کنند. قبل از هر چیز باید بتوان فضاهای سفید طیف را تشخیص داد که در واقع باید به دنبال روشی

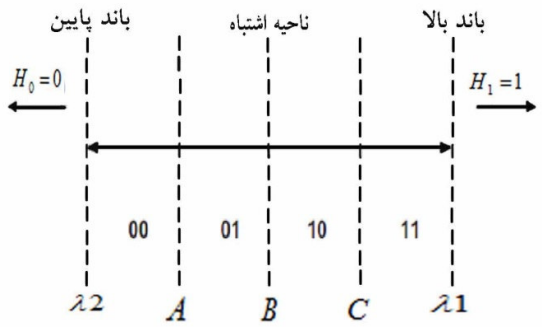
[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-09-06]

بود که انرژی موجود در فضاهای خالی را به دست آورد. برای این کار باید میزان انرژی موجود در فضاهای سفید را محاسبه کرده و سپس یک حد آستانه برای آن در نظر گرفته شود. اگر انرژی به دست آمده از حد آستانه بیشتر باشد به‌عنوان یک طیف سفید تشخیص داده خواهد شد و به‌عنوان یک باند فرکانس در اختیار کاربر ثانویه قرار خواهد گرفت. اگر میزان انرژی به دست آمده از حد آستانه پائین تر باشد، نمی‌توان این فضا را در اختیار کاربران ثانویه قرار داد. برای شبیه‌سازی و شناسایی انرژی از نرم‌افزار متلب استفاده شده است. در این شبیه‌سازی از یک منحنی عامل دریافت‌کننده مشخصه‌ی انرژی، برای تشخیص انرژی استفاده شده است. سیگنال اولیه را یک تابع سیگنال گوسی واقعی تعیین کرده و نویز را به‌عنوان طیف سفید گوسی واقعی در نظر گرفته می‌شود. برای تعیین حد آستانه از یک روش مؤثر به نام آستانه تطبیقی دوتایی استفاده می‌شود و در این روش دو آستانه $\lambda 1$ و $\lambda 2$ در نظر گرفته شده است که با آن می‌توان بهترین تصمیم را اتخاذ نمود [۲۰]. در شکل ۱، ناحیه‌ی بینابینی به‌عنوان ناحیه‌ای گیج‌کننده شناخته می‌شود. در واقع آنچه بین این دو اتفاق افتاده است، یک مشکل محسوب می‌شود. برای برطرف نمودن این مشکل از روش آستانه تطبیقی دو مقداری استفاده شده است.

مقدار اعشاری که به دست می‌آید برای مقایسه با مقدار آستانه جهت به دست آوردن یک تصمیم محلی در خارج از ناحیه گیج‌کننده (مبهم) می‌باشد و از مقدار ۰ و ۱ برای اثبات موجودیت یک سیگنال استفاده می‌شود؛ بنابراین برای کشف انرژی در شبکه رادیو شناختی از حد آستانه تطبیقی استفاده می‌شود.



شکل ۱- توزیع انرژی سیگنال کاربران اولیه و نویز [۲۰]



شکل ۲- ناحیه مبهم تقسیم به چهار بازه تدریجی با استفاده از دو بیت [۲۰]

در شکل ۲، دو بیت تدریجی به چهار ناحیه تصمیم‌گیری تقسیم شده‌اند که زیر آستانه تعیین می‌شود [۲۰].

۳- شبیه‌سازی با استفاده از الگوریتم دایجکسترا

برای شبیه‌سازی در مسیریابی با الگوریتم دایجکسترا در شبکه رادیو شناختی نیاز هست مراحل زیر را پیموده و شبیه‌سازی گردد:

۱- تخصیص کاربران اولیه به فضای موجود

۲- تشخیص فضای استفاده نشده در شبکه رادیو شناختی

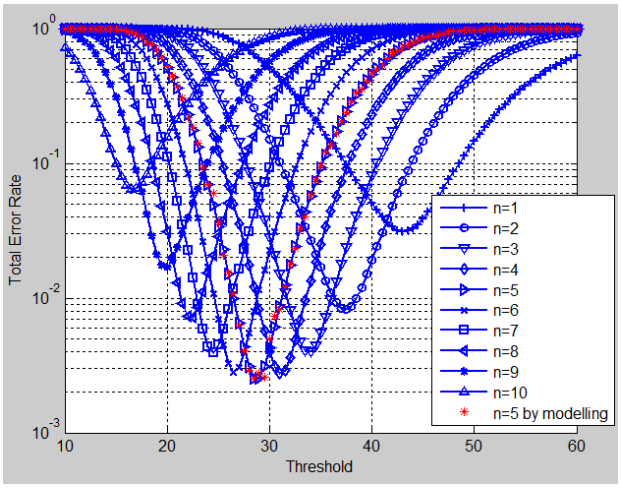
۲-۱- تشخیص انرژی در حفره‌های به وجود آمده

۲-۲- اعمال یک حد آستانه بر روی انرژی حفره‌های به دست آمده

۲-۳- تخصیص حفره‌های به دست آمده به کاربران ثانویه

۳- به دست آوردن بهترین مسیر برای ارسال داده در شبکه رادیو شناختی بعد از پیاده‌سازی می‌توان بهترین حد آستانه را به دست آورد. بهترین حد آستانه با استفاده از الگوریتم مذکور محاسبه شده و شبیه‌سازی شده است. نمونه‌ی شبیه‌سازی شده در شکل ۳، مشخص شده است:

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-09-06]



شکل ۳- نمودار به دست آمده از انتخاب بهترین کانال و تأثیر حد آستانه

در شکل ۳ تعداد کانال و میزان خطای به دست آمده برای هر کانال بر حسب آستانه ترسیم شده است که بهترین کانال انتخاب شود. بهترین آستانه با مقادیر داده شده، برابر با عدد ۳۰ می‌باشد که این مقدار با توجه به تعداد نمونه‌ها و کانال‌های به دست آمده، متغیر می‌باشد؛ بنابراین در این شکل، به‌خوبی مشخص شده است که انتخاب بهترین کانال سبب می‌شود میزان خطای کانال کاهش‌یافته و با حد آستانه مدنظر، حفره‌های طیفی برای تخصیص به کاربران ثانویه به دست آید. برای به دست آوردن احتمال هشدارهای اشتباه از تابع گاما استفاده شده است که فرمول تابع گاما ناقص به‌صورت زیر است:

$$p(a,x)=\frac{1}{r(a)}\int_0^x e^{-t}t^{a-1}dt \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، x محدوده‌ی انتگرال در هر گره در محیط برای پیدا کردن احتمال هشدارهای اشتباه می‌باشد. برای آزمایش و اعتبارسنجی استفاده از الگوریتم دایجکسترا در شبیه‌سازی شبکه‌های حسگر رادیو شناختی، از یک سری پارامترهای تعریف شده به‌عنوان ورودی استفاده می‌شود. این پارامترهای تنظیم شده در جدول ۱ مشخص شده‌اند که عبارت‌اند از تعیین تعداد گره‌ها در محیط کار، اندازه بسته اطلاعاتی و موقعیت گره‌ها و غیره می‌باشند و برای هر گره ثبت می‌شود. در واقع، با اطلاعات موجود در جدول ۱، برای به دست آوردن نتایج مطلوب در محیط متلب پیاده‌سازی می‌شود.

جدول ۱- تنظیم پارامترهای شبیه‌سازی

Parameter	Value
Parameter scene range	200m×200m
Position of sink	(250, 100)
CRSN node number	200
Primary user	5
Available channel	5
Initial energy of Cognitive sensor node	0.5 J
E_{elec}	50 nJ/bit
ε_{fs}	10 pJ/bit/m^2
ε_{mp}	0.0013 pJ/bit/m^2
d_0	87 m
Data package size	2000 bits

۴-مقایسه با روش‌های قبلی

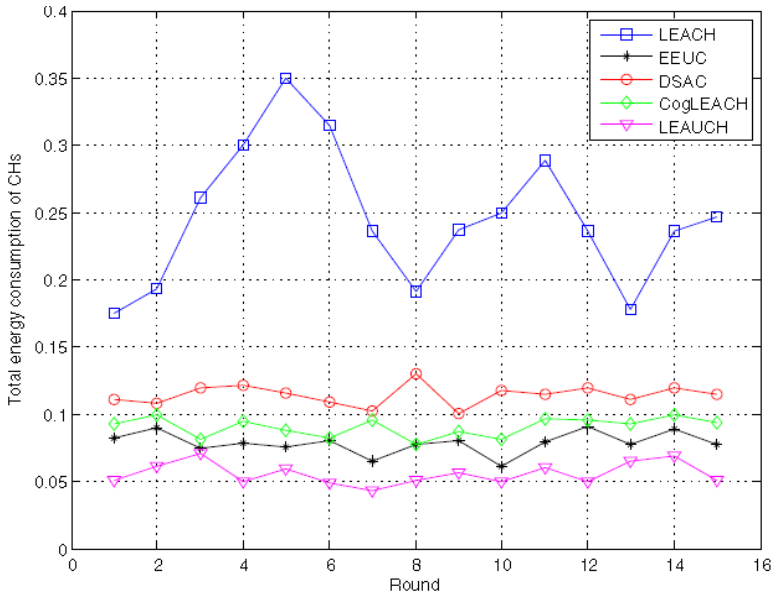
همان‌گونه که در شکل ۴، مشاهده می‌شود کمترین مصرف انرژی مربوط به الگوریتم LEACH می‌باشد. البته یک صحبت کلی وجود دارد که می‌گوید هر چه وظایف گره‌ها بیشتر شود، مصرف انرژی به نسبت وظایف افزایش می‌یابد ولی هنوز نسبت دقیقی در این رابطه وجود ندارد. در صورتی که مسیر انتخاب شده برای عملیات مسیریابی تا مدتی ثابت باشد قطعاً گره‌های که عملیات مسیریابی انجام می‌دهند عمرشان زودتر به اتمام می‌رسد نسبت به گره‌های که تنها عملیات پردازش انجام می‌دهند و به‌عنوان مبدأ و مقصد شبکه هستند.

بعد از مسیریابی با الگوریتم دایجکسترا، در شکل ۵، مشاهده می‌شود الگوریتم دایجکسترا در ابتدا زمان زیادی را صرف می‌کند.

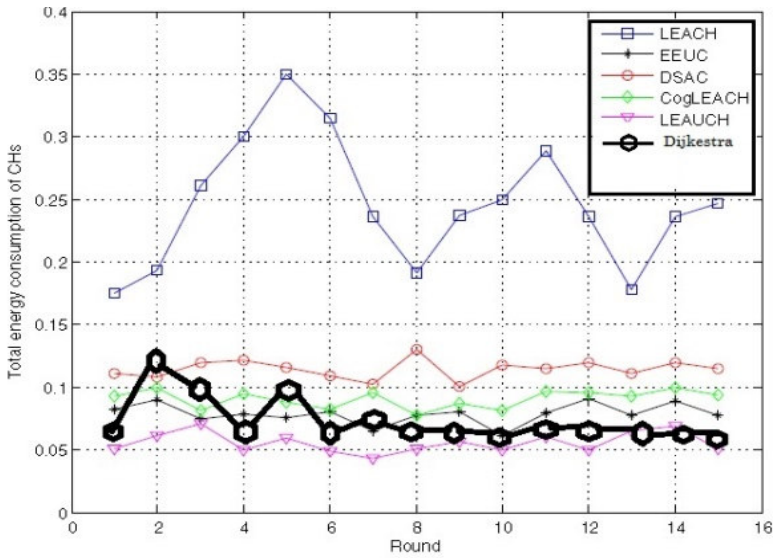
تا بتواند سرشاخه مسیر بهینه را به دست بیاورد؛ یعنی در ابتدای شروع به پیدا کردن کوتاه‌ترین گره‌ها مجبور است تمامی یال‌ها و مسیرهایی که ممکن است را پیمایش نماید و همین امر باعث افزایش نسبی پیچیدگی زمانی در این الگوریتم شده است. بعد از آن کم‌کم با پشت سرگذاشتن بعضی از یال‌ها و حرکت از کوچک‌ترین مسیر و یال‌هایی با کمترین هزینه مسافت، سعی در بهبود کاهش زمان جستجو دارد و به ثبات نسبی خواهد رسید.

با شبیه‌سازی‌هایی که در ۱۵ دور انجام‌گرفته، الگوریتم دایجکسترا ابتدا نوسانات بالایی را در مصرف انرژی دارد و این مهم به دلیل زمان طولانی که در ابتدای کار دایجکسترا لازم دارد،

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-09-06]



شکل ۴- کل مصرف انرژی در الگوریتم‌های کاهش مصرف انرژی



شکل ۵- مقایسه مصرف انرژی دایجکسترا با سایر الگوریتم‌ها

تا بتواند گره‌های ابتدایی را پیدا نماید. همچنین مشاهده می‌شود در دورهای میانی تقریباً الگوریتم به یک ثبات مصرف انرژی رسیده است که ناشی از پشت سرگذاشتن سردرگمی اولیه در ارسال اطلاعات به گره‌ها می‌باشد. در این ثبات مصرف انرژی که میزان خوبی می‌باشد تا آخر کار ادامه دارد و هر چه به پایان دورهای شبیه‌سازی نزدیک می‌شود نتیجه نشان می‌دهد که مصرف کاهش پیدا کرده و نوسانات بسیار کمتر از حالات اولیه و بقیه الگوریتم‌ها می‌باشد چون در سایر الگوریتم‌ها در هر دور مسیریابی انجام می‌شود که مسیر بهینه پیدا گردد و این مسئله انرژی زیادی صرف می‌کند. پارامترهای در نظر گرفته شده برای همه الگوریتم‌ها یکسان است. در مقایسه الگوریتم دایجکسترا با DSAC, Cog LEACH, EEUC و LEAUCH مشاهده می‌گردد که در لحظات شروع حرکت کرده و با پیدا کردن گره‌های اولیه، نوسانات مصرف انرژی بیشتری دارد ولی رفته‌رفته نه‌تنها ثبات مصرف انرژی را به دست می‌آورد که در ۸۰ درصد مواقع کاهش مصرف انرژی را به نسبت بقیه نیز دارد.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-09-06]

۵- نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار متلب، نشان داده است که با توجه به نتایج شبیه‌سازی و نمودارهایی را که در قسمت‌های قبلی به دست آمده، الگوریتم دایجکسترا می‌تواند انتخاب مناسبی برای کاهش مصرف انرژی گره‌های حسگر در شبکه‌های حسگر بی‌سیم رادیو شناختی باشد. در واقع برای مشکل کمبود پهنای باند و کاهش انرژی گره‌های حسگر، شبکه رادیو شناختی برای بستر ارتباطی در تبادل اطلاعات بین گره‌های حسگر معرفی شد. به این علت، الگوریتم دایجکسترا نتایج بهتری را به نسبت الگوریتم LEACH, DSAC, EEUC در حالت کلی به دست آورده است. اگر چه شروع خیلی خوبی در کاهش مصرف انرژی نداشته است ولی بهبود خوبی در پایان حاصل شده است که در ۸۰ درصد مواقع کاهش مصرف انرژی را به نسبت بقیه نیز دارد؛ بنابراین در سیستم‌هایی بلادرنگ نیستند و زمان شروع اولیه خیلی مهم نیست می‌توان استفاده از این الگوریتم در کاهش مصرف انرژی انتخاب خوبی باشد. در تحقیقات آینده می‌توان با ایجاد تغییراتی در مدل مطرح شده برای مسیریابی، عملکردی بهتر در جهت بهبود مصرف انرژی گره‌های حسگر به دست آورد. یکی از مشکلات اساسی الگوریتم دایجکسترا، افزایش زمان کارایی و کاهش کارآمدی این الگوریتم در هنگام انتقال اطلاعات به گره‌های ابتدایی می‌باشد؛ بنابراین این افزایش زمان باعث افزایش مصرف انرژی در شبکه حسگر بی‌سیم خواهد شد. برای بهبود کارایی در چنین مواقعی کافی است بتواند از تلفیق روش‌های جستجوی مسیر هوشمند و روش‌های نوبت‌دهی که در سیستم عامل مورداستفاده قرار می‌گرفتند، استفاده نماید. به نظر می‌رسد کارکردن بر روی این موضوعات می‌تواند مصرف انرژی را بهبود بخشد.

منابع

[1] Z. Batni, S. babalo, M. vakili, *Reducing energy consumption in wireless sensor networks using clustering algorithms*, the first Regional Conference on Computer Networks, Sama university, Qom, pp. 10, January 2013, (In Persian).

[2] S. Hosseini, *Reducing energy consumption in wireless sensor networks*, the first national conference on the application of intelligent systems (computer software) in Science and Technology, Ghoochan, Islamic Azad University, April 2013, (In Persian).

[3] E. Romero, A. Araujo, J. Blesa, O. Nieto-Taladriz, *Developing Cognitive Strategies for Reducing Energy Consumption in Wireless Sensor Networks.* Electronic Engineering Department, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, pp. 63-66, Spain, 2012.

[4] A. Martinez-Vargas, A. G. Andrade, *Comparing particle swarm optimization variants for a cognitive radio network*, Applied Soft Computing, School of Engineering, MyDCI, Autonomous University of Baja California (UABC), Mexicali, Mexico, pp. 1222-1234, 2013.

[5] W. Beibei, K. Liu, Advances in cognitive radio networks: A survey. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing,* Vol. 5, No. 1, pp. 5-23, 2011.

[6] M. Kohvnd, *a dynamic channel selection method for improving the quality of service in cognitive radio networks*, the first Regional Conference on Electrical and Computer Sciences applications in the telecommunications industry, Bandar Gaz, Bandar Gaz Branch, pp. 10, 2012, (In Persian).

[7] S. M. Mazinani, A. Jafarinezad, M. Zomorodian, *aware of the whole multi-path routing in sensor networks using smart grid Cognitive Radio*, the sixteenth Conference of Mechanical Engineering Iran Islamic Azad University Kazeroon, pp. 5, 12-14 August 1392.

[8] A. Grami, A. Sepasi Zahmati, S. Hussain, X. Fernando, *Cognitive Wireless Sensor Networks: Emerging Topics and Recent Challenges*, Department of Electrical and Computer Engineering Ryerson University, Canada, pp. 593-596, 2009.

[9] I.J Mitola, Software radios: Survey, critical evaluation and future directions, *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, pp. 25-36, April 1993.

[10] Y. Chen, S. Shen, T. Chen, R. Yang, Path optimization study for vehicles evacuation based on dijkstra algorithm, *Procedia Engineering* 71, 2014.

[11] O. Younis, S. Fahmy, *HEED: A Hybrid, Energy-Efficient, Distributed Clustering Approach for Ad-hoc Sensor Networks*,

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-09-06]

Department of Computer Sciences, Purdue University, West Lafayette, USA, pp. 1-36, 2004.

[12] A. Rahmanian, H. Omranpour, M. Akbari, Kaamran Raahemifar, *A novel genetic algorithm in LEACH-C routing protocol for sensor networks*, Electrical and Computer Engineering (CCECE), Canadian Conference on, Niagara Falls, pp. 1096-1100, May 2011.

[13] S. Y. Elhabyan, C. E. Yagoub, *Two-Tier Partical Swarm Optimization Protocol for Clustering and Routing in Wireless Sensor Network*, Journal of Network and Computer Applications, pp. 116-128, 14 March 2015.

[14] D. Kumar, T. C. Aseri, R. B. Patel, Multi-hop communication routing (MCR) protocol for heterogeneous wireless sensor networks, *International Journal of Information Technology, Communications and Convergence*, Vol. 1, No. 2, pp. 130-145, 2011.

[15] S. Tyagi, S. Tanwar, N. Kumar, J. P. C. Rodrigues, *Cognitive Radio-based Clustering for Opportunistic Shared Spectrum Access to Enhance Lifetime of Wireless Sensor Network*, Pervasive and Mobile Computing, pp. 90-112, September 2015.

[16] E. B. Dijkstra, A note on two problems in connexion with graphs, *Numerische Mathematlk*, pp. 269-271, 1959.

[17] M. R. Atai Naini, A. Rvhndh, *Smart radio spectrum management*, the twelfth Conference of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Tabriz branch, Tabriz, pp. 8, 2009. (In Persian).

[18] M. B. Ahmdpvrsamany, *data transmission speed control and beam forming for dynamic spectrum access and cognitive radio networks*, completed a Masters degree in Electrical Engineering-Telecommunications, Birjand University, 2012, (In Persian).

[19] M. Rajabpoor, N. salemi, *Browse cognitive radio networks; innovative technology to achieve next-generation wireless networks*, first regional conference on refining the power of information technology, Applied Science University, Gachsaran, pp. 8, 21 June 2014, (In Persian).

[20] A. Bagwari, G. Tomar, Adaptive double-threshold based energy detector for spectrum sensing in cognitive radio networks, *International Journal of Electronics Letters*, Vol. 1, No. 1, pp. 25-32, 2013.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-09-06]